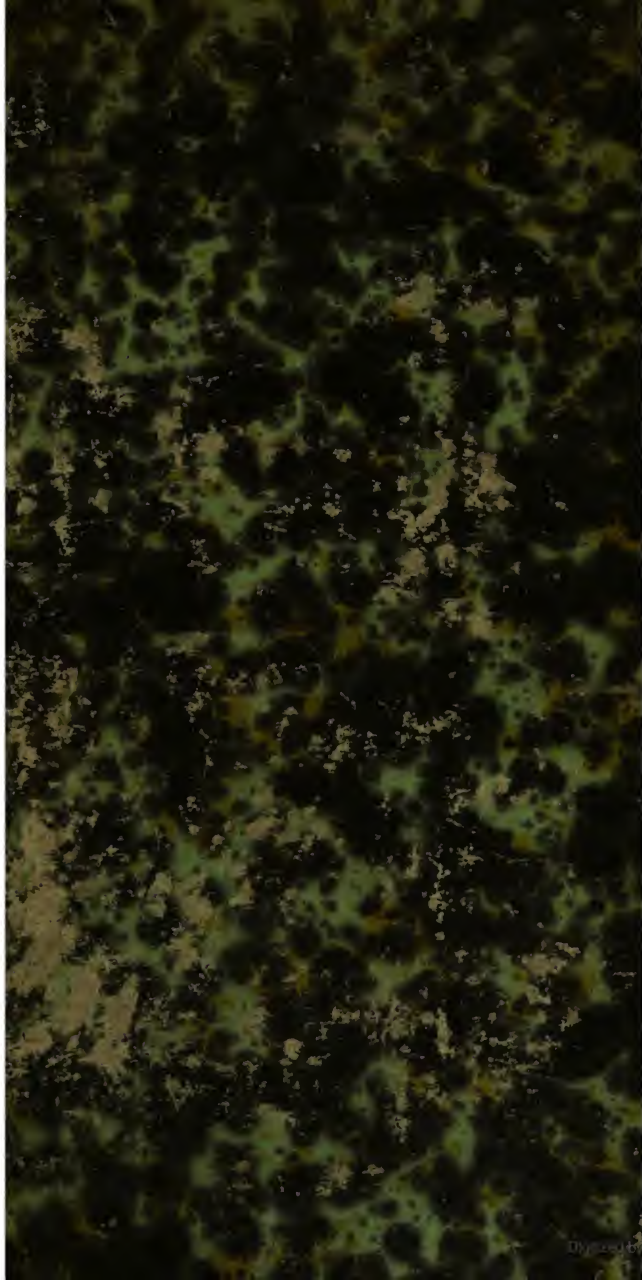
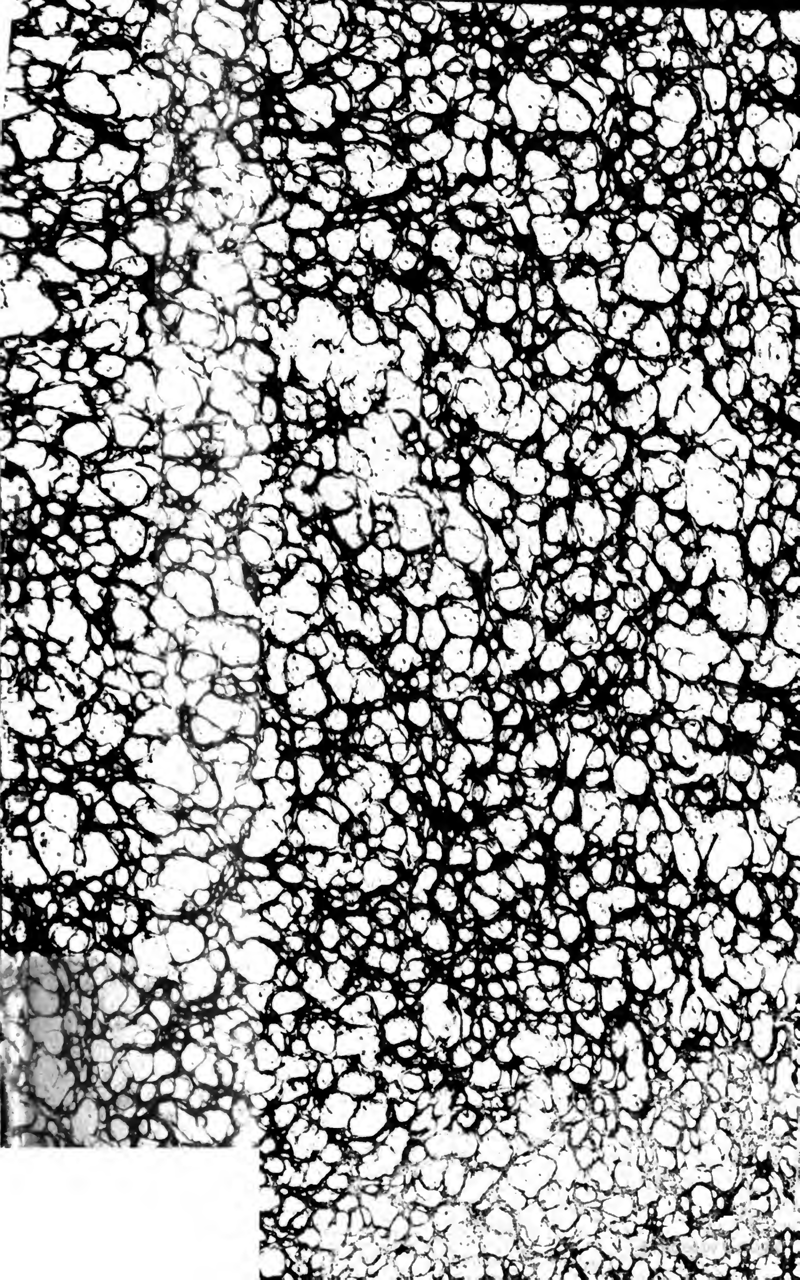




DICTIONNAIRE

TECHNOLOGIQUE.

TOME XI.



DICTIONNAIRE

TECHNOLOGIQUE,

OU

NOUVEAU DICTIONNAIRE UNIVERSEL

DES ARTS ET MÉTIERS,

ET DE L'ÉCONOMIE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE;

PAR MM. FRANCOEUR, MOLARD JEUNE, PAYEN, L.-SEB. LE NORMAND, ROBIQUET, HACHETTE, CHEVREUIL, POUILLET, DEGERANDO, SAVARD, VILLERME, ETC.

Qui pourrait assigner un terme
à la perfectibilité humaine?

Nouvelle Édition, avec Planches.

TOME XI.



BRUXELLES,
LACROSSE ET CIE, LIBRAIRES-ÉDITEURS,
RUE ROYALE NEUVE, N° 55.

1839.

DICTIONNAIRE
TECHNOLOGIQUE,
OU
NOUVEAU DICTIONNAIRE
UNIVERSEL
DES ARTS ET MÉTIERS.

TERRASSIER. (*Arts de calcul.*) Tous les travaux de terre qui ont pour objet le *déblai* ou le *remblai*, le creusement des fossés, des étangs, des caves, et fondations de murs, l'établissement de la *forme* d'une route ou d'une rue à paver, les grands travaux de jardins et parcs, les plantations, etc., sont confiés à des ouvriers appelés *terrassiers*. Ce sont les moins payés des ouvriers, parce que leur profession n'exige que peu d'art et beaucoup de labeur. Le prix qu'on leur donne, fixe ce qu'on appelle ordinairement la *journée d'un ouvrier*.

Les travaux de terrasse doivent être faits avant tous autres. On jalonne le sol, on y tire des niveaux, et l'on enfonce en terre des piquets de bois, dont les bouts supérieurs s'élèvent à la hauteur qui convient au plan. Il faut enlever toute la terre qui est au-dessus de ces piquets, ou en rapporter de nouvelle qui les cache jusqu'à leur tête. Quand le travail est bien gouverné, il faut que tout plan passant par trois piquets voisins rase le nouveau sol. Ces piquets doivent être assez nombreux pour qu'après tout, le sol ait partout une surface horizontale, ou du moins soit en pente régulière, selon la nature des travaux qu'on a en vue.

Le terrassier laisse d'espace en espace de petits piliers en terre, auxquels il ne touche qu'après que l'ouvrage est toisé. Ces piliers sont appelés *témoins*. Comme on ne saurait pas combien de mètres de terre ont été enlevés, si l'on ne prenait cette précaution, il serait impossible d'évaluer le prix du travail. Les témoins indiquent, çà et là, les hauteurs des pièces déblayées, et le toisé devient facile.

Quant au calcul, il est sans difficulté, surtout en considérant que les toiseurs ont des tables qui donnent à vue les résultats. On imagine que trois témoins voisins enfermaient un volume qui avait la forme d'un prisme triangulaire tronqué. On obtient le cube de ce volume, en ajoutant les trois hauteurs des témoins, prenant le tiers, et multipliant par la surface triangulaire de la base. On réitère cette opération dans toute l'étendue du terrain qui a été travaillé, et la somme de tous ces prismes triangulaires est le volume total déblayé. Les remblais exigent un semblable calcul.

On tâche toujours, autant que possible, que le volume du remblai soit égal à celui du déblai, parce que, sans cette condition, on ne saurait que faire des terres excédantes, ou bien on manquerait de matériaux pour achever l'ouvrage. Au reste, il n'est pas possible, dans tous les cas, de satisfaire à cette condition, et c'est à l'ingénieur, ou à l'architecte qui dirige les travaux, à en prévoir les conséquences. FR.

TERRE. *V.* POUSSÉE DES TERRES. FR.

TERREAU. On donne ce nom aux détritus de matières organiques mortes, réduites en poudre *terreuse* brune, par suite des altérations spontanées que déterminent les influences atmosphériques.

C'est sans doute à l'extrême division de ses parties, à la substance azotée qu'il ren-

ferme, à sa légèreté, offrant aux racines et à l'air un accès facile, que le terreau doit les effets remarquables qu'il produit sur les plantes. Ce qui le prouve, c'est que la paille, le bois et d'autres produits végétaux, qui, hachés ou réduits en sciure, n'auraient que peu d'action végétative, offrent cependant une composition fort analogue.

Saussure a obtenu d'une analyse comparée entre le bois de chêne et le terreau provenant des mêmes bois, les produits suivans :

Sur 10 grammes, 614.

	Terreau.	Bois de chêne.
Hydrogène carboné.	2456	2293
Acide carbonique. .	673	575
Eau, contenant peu d'huile et d'acét. et carbonate d'amm.	grammes. 2,81	grammes. 4,25 (1)
Huile empyreumat.	0,53	0,589
Charbon.	3,13	3,28
Cendres.	0,424	0,26

Il résulte d'ailleurs des recherches du même auteur, que l'eau et l'alcohol ne dissolvent qu'une petite quantité de la substance du terreau, tandis que les alcalis la dissolvent complètement ; que les acides ont sur lui très-peu d'action, et qu'à poids égaux il contient plus de carbone et d'azote que les végétaux dont l'altération a donné lieu à sa formation.

Cette dernière observation démontre une cause de plus de l'efficacité du terreau, plus grande que celle des végétaux d'où il provient.

Toutefois, il ne faudrait pas en conclure, comme l'ont fait à tort quelques auteurs, que la plupart des substances végétales, imprégnées de déjections animales, doivent être réduites en terreau, ou au moins en fumier plus ou moins consommé, pour donner de bons ENGRAIS.

Cette altération spontanée n'a pas lieu sans dégagement de gaz utiles à la végétation, et assimilables par les parties vertes des plantes. (*Voyez* FERMENTATION.)

On doit donc, toutes les fois que la main-d'œuvre n'est pas trop coûteuse, s'efforcer de tirer parti de ces dégagemens durant les réactions spontanées, soit en enfouissant les plantes vertes, les pailles imprégnées des urines des étables, etc. ; on obtient en outre ainsi l'avantage d'ameublir et d'aérer le sol.

A plus forte raison doit-on profiter du dégagement des gaz pendant la fermentation des débris des animaux morts, et l'on ferait une perte énorme des produits utiles de ces réactions, si on laissait ces substances se putréfier et se réduire en terreau avant de les utiliser comme engrais.

En général, ces matières animales n'ont été tant négligées, que par le dégoût qu'elles inspirent et la difficulté de les diviser, car leur trop grande richesse en produits fertilisans, les rend trop actives si elles sont employées en aussi grande proportion que les fumiers ordinaires.

Les noirs résidus des raffineries, et mieux encore des *charbons animalisés*, remplissent toutes les conditions d'une distribution facile sur les terres, d'une grande division et d'une fermentation lente. (*Voyez* la fin de l'article SUCRE, et les articles ENGRAIS, SANG, SUIF.)

THÉ. Nom d'un arbrisseau cultivé à la Chine et au Japon, et dont la feuille séchée et roulée par une espèce de torréfaction, est ensuite expédiée dans toutes les contrées du globe. Par extension, on a donné ce nom à la feuille.

Les botanistes rapportent en général les diverses sortes de thés au *thea bohea* et au *thea viridis*, dont aujourd'hui on ne forme plus qu'une seule et même espèce, sous le nom de *thea chinensis*.

La plante qui fournit le thé est un arbrisseau toujours vert, ses feuilles sont portées sur de courts pétioles, longues de 2 à 3 pouces sur 1 pouce de largeur, oblongues, lancéolées, dentées en scie, épaisses, dures, glabres, luisantes, marquées d'une forte côte médiane, d'où partent des nervures latérales ; ses fleurs sont grandes, de couleur blanche ou un peu rosée, axillaires, solitaires ou deux à deux ; leur calice est vert, court, à quatre ou cinq lobes inégaux ; les étamines sont nombreuses, à leur centre est un ovaire triloculaire surmonté d'un style à trois branches stygmatiques ; le fruit est une capsule à trois coques ; chaque coque est uniloculaire et monosperme.

Au Japon, selon Kœmpfer, on sème le thé dans le courant de février, d'espace en espace, sur la lisière des champs cultivés, afin que son ombre ne soit pas nuisible aux moissons, et qu'on en puisse ramasser les feuilles avec facilité.

(1) Il y avait moins d'ammoniaque dans ces 4 *gr.*,25, que dans les 2 *gr.*,81.

En Chine, on le cultive en plein champ; il se plaît particulièrement sur la pente des côteaux exposés au midi, et dans le voisinage des rivières et des ruisseaux. Lorsque les jeunes plants ont atteint l'âge de 3 ans, on peut en cueillir les feuilles.

Lors de la saison propre à cueillir les feuilles du thé, on loue des ouvriers dont l'habileté à faire ce genre de récolte est surprenante; ils ramassent jusqu'à 10 ou 15 livres de feuilles par jour, quoiqu'ils ne les arrachent pas par poignées, mais une à une.

Le meilleur thé est celui que l'on cueille à la fin de février ou dans le commencement de mars, lorsque les feuilles n'ayant que quelques jours de pousse, sont tendres, couvertes d'un léger duvet et non encore développées. Les feuilles ramassées dans ce temps, et qui sont en quelque sorte les extrémités des jeunes tiges, sont appelées au Japon *fiskitsjaa*, ou thé en poudre, parce qu'on les pulvérise après les avoir fait sécher. Ce thé, par sa rareté et son prix, est réservé pour les princes et les gens riches, et porte aussi la dénomination de *thé impérial*.

Ce nom est donné encore, et à plus juste titre, à un thé recueilli à Udsi, petite ville du Japon sur les bords de la mer, et peu distante de Méaco. Une montagne agréablement disposée, enfermée de haies et environnée d'un fossé fort large, y passe pour jouir d'un terrain et d'un climat plus favorables à la culture du thé. Les arbrisseaux du thé forment sur cette montagne un plan régulier espacé par des allées; il y a des personnes préposées à ce que les feuilles soient, autant que possible, préservées de la poussière et des insectes. Les ouvriers choisis pour la récolte cueillent les feuilles avec l'attention la plus minutieuse, et les mains couvertes de gants. Ce thé est escorté par le surintendant des travaux de cette montagne, avec une forte garde et un nombreux cortége, jusqu'à la cour de l'empereur; il est destiné à l'usage de la famille impériale.

La seconde récolte du thé se fait un mois après la première. Quelques-unes des feuilles ont alors acquis leur entier développement; d'autres, en très-grand nombre, n'y sont point encore parvenues; quoi qu'il en soit, on les cueille toutes indifféremment, et après on les sépare en différens tas, suivant leur âge et leurs proportions. On sépare avec un soin particulier les plus tendres, et on les vend souvent pour être de la première récolte. La troisième cueillette se fait dans le mois de juin, lorsque les feuilles, très-touffues, sont parvenues à leur complet développement; cette espèce de thé, qui est la plus grossière, est réservée pour le peuple.

La récolte du thé une fois opérée, il faut procéder à sa torréfaction et à son enroulement. Les bâtimens qui servent à cette manipulation contiennent depuis cinq jusqu'à vingt petits fourneaux, hauts d'environ trois pieds, portant une sorte de poêle de fer large et plate. Sur la poêle modérément chauffée, on met quelques livres de feuilles nouvellement cueillies. Ces feuilles, fraîches et pleines de sève, pétillent quand elles touchent la poêle, et c'est à l'ouvrier alors à les remuer avec toute la vivacité possible, et avec les mains nues, jusqu'à ce qu'elles deviennent si chaudes, qu'il ne puisse pas aisément en supporter la chaleur: c'est l'instant de les enlever et de les verser sur des nattes. Les ouvriers destinés à les rouler les frottent dans leurs mains, toujours dans la même direction, tandis que d'autres les éventent continuellement, afin d'en hâter le refroidissement, dont la promptitude assure aux feuilles un enroulement plus durable. Ces procédés de torréfaction et d'enroulement sont répétés deux ou trois fois avant qu'on mette le thé dans les magasins, et jusqu'à ce que toute humidité ait quitté les feuilles.

Le thé ainsi desséché est placé dans des boîtes cubiques de bois blanc, garnies à l'intérieur de plomb laminé, de feuilles sèches et de papier, et pouvant contenir de 10 à 40 livres.

Les thés du commerce peuvent se diviser en deux classes principales, les thés verts et les thés noirs; voici la liste de ceux qui sont les plus usités ou les plus estimés, et dont les cargaisons se composent le plus communément.

THÉS VERTS.

Thé Hayswen-Skine.
Thé Tonkai.
Thé Hayswen *ou* Hyson.
Thé perlé.
Thé poudre à canon.
Thé Tchulan *ou* Schulang.

THÉS NOIRS.

Thé Bouy.
Thé Camphou.
Thé Saotchaon *ou* Souchon.
Thé Paotchaon.

Thé Pékao.
Thé Sonchay.

Parmi les thés verts, nous nous contenterons de décrire, comme étant les plus répandus dans le commerce, le *thé Hayswen* ou *Hyson*, le *thé perlé*, le *thé Tchulan*, le *thé poudre à canon*.

Thé Hayswen ou Hyson. Ce thé a les feuilles roulées longitudinalement, grandes, entières, sans poussière, d'une couleur plombée un peu bleuâtre (glauque), d'une odeur herbacée aromatique agréable, d'une saveur astringente. Ce thé, lorsqu'il vieillit, acquiert une odeur forte, piquante et âcre. Les feuilles du thé Hayswen, développées par infusion dans l'eau, présentent les caractères suivans : elles sont lancéolées, dentées, glabres d'un côté, légèrement pubescentes de l'autre, longues de 1 à 2 pouces, larges de 6 à 9 lignes, d'une couleur verte assez prononcée : l'infusion est d'un jaune verdâtre, transparente, d'une saveur amère, acerbe, et rougit le tournesol. Ce thé est le plus usité en France : on préfère celui qui est pesant.

Thé perlé. Le thé perlé paraît être la feuille plus jeune du thé Hayswen, car il a avec lui beaucoup d'analogie ; seulement, la feuille a une forme arrondie et repliée sur elle-même ; l'infusion est un peu plus foncée que celle du thé Hayswen, mais elle possède les mêmes propriétés.

Thé Tchulan ou Schulang. Cette espèce de thé a beaucoup de ressemblance avec le thé Hayswen, et par ses caractères extérieurs et par son infusion ; mais il en diffère par une odeur aromatique plus prononcée, et qui est due à la fleur de l'*olea fragrans* de L., *lan-hoa* des Chinois, qui y est presque toujours mélangée. Ce thé, qui arrive en boîtes plus petites et mieux conditionnées, est plus recherché des amateurs.

Thé poudre a canon. Ce thé, qui est roulé plus fin que le thé perlé, provient de feuilles de thé Hayswen qui ont été coupées transversalement en trois ou quatre parties, ce qui est la seule cause de la finesse de son grain ; son infusion est semblable à celle du thé perlé.

Parmi les thés noirs, on distingue le *thé Bouy*, le *thé Souchon* et le *thé Pékao*.

Thé Bouy. Le thé Bouy a les feuilles d'un brun noir, grêles, légères, roulées dans le sens de leur longueur, mêlées de pétioles, et susceptibles de se briser facilement, parce qu'elles ont subi une plus forte torréfaction ; son odeur est moins prononcée que celle du thé Hayswen ; sa saveur est moins astringente.

Ce thé, infusé dans l'eau, se développe facilement ; ses feuilles sont alors elliptiques, dentées, brunes, plus épaisses que celles du thé vert ; l'infusion a une couleur orangée brune.

Thé Saotchaos ou Souchon. Le thé Souchon est une variété du thé précédent, regardée comme supérieure en qualité ; il est brunâtre, mêlé de violet, en grandes feuilles bien roulées, élastiques, lourdes, peu chargées de poussière. Ce thé, qui est fort estimé, nous vient dans des caisses soignées et joliment peintes.

Thé Pékao. Ce thé offre beaucoup d'analogie avec le thé Bouy ; seulement il paraît formé de feuilles choisies ; il a la même odeur, la même couleur, la même saveur. On remarque qu'il est mélangé avec de petites fleurs blanches, ou mieux des filets argentés, qui paraissent provenir des dernières feuilles de la branche non encore développées, et couvertes de duvet. Ce thé est rarement sans mélange dans les cargaisons. Celui de bonne qualité est très-délicat et très-estimé.

Il existe encore un assez grand nombre d'espèces de thés ; mais leurs caractères et leurs propriétés étant analogues à ceux que nous avons décrits plus haut, nous croyons pouvoir nous dispenser de les relater ici.

Les thés, en général, doivent être renfermés avec soin dans des boîtes de bois, de plomb, ou des vases de porcelaine, tenus à l'abri de l'humidité. Ceux qui sont trop anciens perdent une grande partie de leur arôme et de leurs vertus. En Chine et au Japon, quand les thés ont perdu leur montant, et qu'ils sont trop vieux pour être employés, on les expédie pour Surate, où ils servent à la teinture des étoffes.

Le thé a été importé en Europe par les Hollandais, vers le milieu du dix-septième siècle ; son usage, d'abord restreint, s'est depuis beaucoup étendu, et il est devenu aujourd'hui, pour certaines contrées, un objet de première nécessité.

En Angleterre et en Hollande, l'usage du thé est répandu dans toutes les classes de la société. Les brouillards humides qui règnent constamment dans ces pays, rendent nécessaire cette boisson stimulante ; sa préparation est pour ainsi dire une affaire sérieuse, et c'est ordinairement la maîtresse du logis qui préside à cet acte important.

En France, au contraire, l'usage du thé est fort limité, quoique cependant il commence à se propager; néanmoins il n'est encore le partage que de la classe opulente ou aisée.

Le thé, ainsi que la plupart des substances excitantes et aromatiques, facilite la digestion, accélère la circulation, en répandant une chaleur douce dans toute l'économie animale; fait naître souvent l'hilarité, et procure un travail plus facile, en donnant de l'activité aux facultés intellectuelles. R.

THÉATRES (Salubrité des). *Voyez* Salubrité des théatres. P.

THÉODOLITE. (*Arts de calcul.*) On ne connait ni l'étymologie de ce mot, ni l'inventeur de cet ingénieux instrument : on sait seulement que c'est Reichembach qui le premier l'a perfectionné en le rendant répétiteur. L'objet qu'on y a en vue est de *réduire les angles à l'horizon*. Lorsque, dirigeant des rayons visuels d'un point à deux signaux éloignés, on a mesuré l'angle que forment ces rayons, ce n'est pas cet angle qu'on doit porter sur le plan qu'on veut faire des divers points remarquables de la contrée : c'est la projection de cet angle sur le plan de l'horizon qui doit entrer dans la composition. Or, cette projection est l'objet d'un calcul qui, quoique facile et rendu plus simple encore à l'aide de tables, exige cependant un temps et une peine qu'on a intérêt à éviter de prendre, d'autant plus que le calcul de la réduction des angles à l'horizon revient très-fréquemment, et exige la mesure d'autres angles.

Dans la simple topographie, la planchette, la boussole, le limbe du graphomètre, sont toujours placés horizontalement quand on lève le plan; et comme les lunettes et alidades sont *plongeantes*, les angles sont tout naturellement réduits à l'horizon; mais en Géodésie, lorsqu'il s'agit d'embrasser de grandes étendues superficielles, ces instrumens ne peuvent plus être employés, parce qu'ils n'ont pas assez de précision. Il faut se servir de cercles répétiteurs, et c'est alors que le calcul de la réduction des angles observés à l'horizon devient indispensable, ainsi que la mesure des inclinaisons, sur ce plan, des rayons dirigés aux sommités; ce qui entraîne des lenteurs dans les travaux.

On se contentait d'abord de se servir d'un cercle horizontal, dont l'alidade faisait pirouetter une colonne centrale, laquelle portait une lunette plongeante; on dirigeait cette lunette aux deux signaux, et l'excursion de l'alidade donnait, sur le cercle horizontal, l'angle cherché, réduit à l'horizon. Mais dans le passage de sa première position à la seconde, il arrivait souvent que l'instrument prenait un mouvement de torsion sur son pied, et que cet écart altérait d'autant l'angle mesuré, sans qu'on eût de moyen pour reconnaître cette erreur; d'ailleurs, les angles n'étant pas répétés, étaient affectés des erreurs d'observation.

Voici comment Reichembach a rendu cet appareil répétiteur, et même propre aux observations des hauteurs des astres. M. Gembey a beaucoup perfectionné les détails et l'exécution de cet appareil, et cet artiste est actuellement en possession de la réputation d'être le plus habile en ce genre. La fig. 1, Pl. 15, des *Arts de calcul*, représente l'instrument.

Il est porté par un pied en bois à trois branches solides, armé d'un arbre vertical qu'on peut hausser ou baisser à volonté, pour mettre les lunettes à la hauteur de l'œil. (*Voyez* Pied.)

Le cercle horizontal GV est divisé en degrés, etc., et soutenu par un support à trois pattes KK′, dont chacune porte sur les pointes d'une vis VVV′V″, destinée à *caler* le cercle. La colonne centrale, sur laquelle ce cercle peut tourner, porte une lunette d'épreuve A′B′, qui doit être pointée sur un objet fixe et éloigné, afin de servir de témoin que l'instrument n'a pas vacillé dans toute la durée de l'observation. Cette même colonne centrale porte en haut un autre cercle MM′, lequel est vertical, et a une lunette AB montée sur son axe horizontal : cette lunette sert à observer les signaux dont on veut mesurer les distances angulaires. Comme le poids de ce cercle et de sa lunette tend à faire déverser l'instrument du côté de la colonne où il se trouve, on l'équilibre par une masse ayant un poids égal qui est opposé de l'autre côté.

On doit concevoir que lorsqu'on vise la lunette AB à deux signaux successifs, le mouvement du cercle vertical, de sa lunette et de la colonne centrale, entraîne l'alidade en passant de l'un à l'autre, et va marquer, sur le cercle horizontal, l'angle observé réduit à l'horizon. Mais voyons comment le théodolite est répétiteur.

Ce n'est pas simplement une alidade ho-

rizontale que la colonne fait mouvoir, mais un cercle entier qui tourne dans le cercle horizontal GV, avec lequel il est exactement concentrique; ce cercle interne porte quatre verniers à angles droits, dont chacun donne les fractions : on prend la moyenne de leurs indications, pour plus de précision. Or, le cercle extérieur est lui-même parfaitement mobile autour de la colonne. Ainsi, quand on a mis l'un des verniers sur le zéro de la division de ce cercle, et arrêté les deux cercles, l'un à l'autre par la vis de pression P', on les fait tourner ensemble, et l'on fait basculer la lunette AB, jusqu'à ce que l'on aperçoive l'un des signaux sur le fil moyen du réticule. (*Voy.* LUNETTE.) Alors, avec une autre vis de pression, on arrête l'ensemble des deux cercles sur la colonne, et l'on desserre la vis P, qui rend la liberté au cercle-alidade seul. On vise à l'autre signal, et ce dernier cercle indique la valeur angulaire simple.

On resserre la vis P pour rendre les deux cercles solidaires, et on lâche la vis G pour pouvoir pointer de nouveau le premier signal. Le point du cercle GV où le cercle alidade est arrêté, est pris pour départ, au lieu de zéro, et l'on recommence l'opération, de manière à doubler l'angle; ensuite on le triple, etc. Nous ne décrirons pas plus en détail cette manœuvre, qui est la même que celle du CERCLE RÉPÉTITEUR quand il est horizontal. (*Voyez* cet article.)

Jusqu'ici le cercle vertical MM' ne nous a été d'aucun usage; il porte la lunette et se meut avec elle, sans que ses divisions aient été mises à profit; et, en effet, quand on n'a pour objet que de mesurer et répéter des angles dans des plans obliques, pour les obtenir réduits à l'horizon, le cercle vertical ne sert à rien.

Mais si l'on veut obtenir la hauteur d'un astre, l'inclinaison d'un rayon visuel à l'horizon, c'est alors que le cercle vertical est utile, et qu'au contraire le cercle horizontal et la lunette d'épreuve sont à peu près sans usage.

Le cercle vertical MM' est aussi composé de deux cercles tournant l'un dans l'autre : l'intérieur, pourvu de quatre verniers aux quatre quadrans, et l'extérieur divisé en degrés, etc. Les mouvemens de la lunette entraînent les deux cercles à la fois, parce qu'ils sont solidaires ensemble, quand on les a unis par une vis de pression P; mais lorsqu'on lâche cette vis, le cercle extérieur peut tourner seul autour de son arbre horizontal; il en est ici comme des deux cercles horizontaux; chacun des cercles peut ou non tourner isolément, selon que l'on serre ou lâche la vis de pression P. Il suit de cette disposition, qu'on peut se servir des cercles verticaux MM' comme du CERCLE RÉPÉTITEUR ordinaire, dont on a omis le limbe vertical (*voyez* cet article), et mesurer les angles par répétition, dans le sens du fil à plomb.

Ainsi, le théodolite de Reichembach sert à deux fins, savoir, de théodolite répétiteur pour mesurer les angles obliques et les réduire à l'horizon, et de cercle mural pour prendre les hauteurs des astres et des objets.

Les lunettes sont conçues comme celles des astronomes, renversant les objets, et pourvues à leur foyer de deux fils d'araignée disposés en croix. On pointe les objets de manière à les amener juste sur le fil horizontal ou sur le fil vertical, suivant les cas.

Comme les distances focales du réticule doivent varier avec l'éloignement des objets, que d'ailleurs l'un des fils doit être exactement horizontal et l'autre vertical, ce réticule a sa monture mobile dans le tube : l'oculaire est aussi dans un tuyau mobile, pour le mettre à portée de la vue de l'observateur.

Les cercles et les lunettes sont pourvues de VIS DE RAPPEL, tels que E, F, pour les petits mouvemens. (*Voyez* cet article.) Une lame de ressort placée au bout inférieur de la colonne, sous le support à trois branches, porte la crapaudine sur laquelle elle tourne, et sert à soulager les collets des poids qu'ils portent.

Des microscopes L, L, D, permettent de lire les divisions avec facilité. J'ai un théodolite de Gambey dont les cercles n'ont que 22 et 27 centimètres de diamètre, et sur lesquels on lit très-nettement 5 secondes : les divisions des limbes sont de 5 en 5 minutes, et les verniers donnent le soixantième.

Mais l'appareil le plus indispensable de ce bel instrument est le système de niveaux, qui font reconnaître si le cercle A'B' est horizontal, et si la colonne et le cercle AB sont verticaux. On amène, avec les vis V et V', le cercle A'B' à la situation horizontale, et l'on juge qu'elle a lieu, quand deux niveaux à angles droits ont leur bulle entre les mêmes repères, dans tous les

mouvemens de ce cercle. Un autre niveau indique si l'arbre autour duquel tourne le cercle MM′ est vertical, et enfin, si ce cercle est vertical lui-même.

Il serait beaucoup trop long d'entrer dans les minutieux détails des perfectionnemens apportés à cet instrument pour le centrage des cercles, de la colonne et des lunettes; la division précise des cercles en degrés, etc., celle des verniers, l'ajustement des lunettes, des niveaux, etc.; afin que rien ne gêne le mouvement des pièces, ou n'introduise dans les observations des erreurs constantes. Chacun pourra aisément suppléer aux développemens que nous avons omis. Fr.

THERMOMÈTRE. (*Arts physiques et chimiques.*) Pour mesurer la Température des corps (*voyez* cet article), on se sert d'instrumens fondés sur une propriété visible de la chaleur; c'est la Dilatation qu'elle leur fait éprouver. Cette augmentation de volume est susceptible d'être évaluée numériquement, surtout lorsqu'on donne à ces corps une forme convenable, et qu'on choisit des substances qui rendent cet effet très-sensible. On donne le nom de *Thermomètres* aux instrumens qui sont formés de liquides ou de fluides enfermés dans des vases de verre, et quelquefois à des appareils métalliques; et de Pyromètres à ceux qui ne sont composés que de substances solides, et mesurent les hautes températures. Nous examinerons successivement ces systèmes, en nous bornant aux instrumens qui sont en usage dans les Arts; car on a beaucoup varié la forme et la substance de ces corps, et ce serait faire un travail aussi long que peu utile à l'industrie, que d'entreprendre d'énumérer ici tous les thermomètres qui ont été imaginés. A proprement parler, tous les corps peuvent servir à mesurer la température, puisque tous changent de volume par l'action du calorique. Mais on a dû se borner à se servir de ceux qui mettent cet effet le mieux en évidence, et se rétablissent dans leur état primitif lorsque la cause a cessé d'agir : il faut aussi que la substance se comporte toujours de la même manière dans les mêmes circonstances, qu'elle ne change pas d'état, qu'elle n'entre pas en combinaison avec les substances voisines, etc. Ce qui suit éclaircira toutes les difficultés.

1°. *Thermomètres à liquides.*

Commençons par décrire le *thermomètre à mercure*, qui est l'instrument le plus en usage et le plus facile à construire. Mille précautions sont nécessaires pour qu'il indique exactement la température, et qu'il soit dans les conditions de durée nécessaires; et quoique, dans le commerce, on néglige ordinairement cette multitude de soins, pour fabriquer plus vite et à moins de frais, cependant pour faire un thermomètre *étalon*, il est indispensable de le soumettre aux règles que nous allons prescrire; nous indiquerons ensuite les procédés d'art plus expéditifs qui sont employés par les ouvriers, pour fabriquer promptement les thermomètres qu'ils livrent au commerce à bas prix.

On se procure d'abord un tube de verre *calibré*, c'est-à-dire dont le diamètre intérieur soit égal dans toute la longueur qu'on veut employer : une bulle de mercure qu'on y promène de proche en proche doit y conserver la même longueur. Si le canal n'était pas cylindrique, des longueurs égales n'auraient pas même capacité; et comme ce sont précisément ces volumes qui mesurent les dilatations et les températures, l'instrument ne devrait plus être divisé en parties égales. On pourrait bien encore se servir de ce tube, en y marquant des longueurs correspondantes à des capacités égales entre elles, et l'on a donné pour cela d'ingénieux procédés; mais on prend alors une peine qu'on évite en rebutant le tube, et en cherchant un autre qui soit calibré. D'ailleurs l'exactitude de ces procédés est fort douteuse dans la pratique, quelque soin qu'on y prenne : aussi les fabricans les plus habiles ne font-ils jamais usage, pour les étalons, que de tubes cylindriques intérieurement.

Cela fait, on souffle à la Lampe d'émailleur, un réservoir de forme sphérique ou cylindrique (Pl. 18, fig. 5 et 6 des *Arts physiques*), et on le soude au bout du tube. Plus ce réservoir est grand par rapport au diamètre intérieur du tube, plus l'instrument aura de sensibilité, parce que la dilatation du mercure sera plus marquée. Cette soudure se fait d'ailleurs par les procédés de l'art. On bouche à la lampe le bout du tube, et on le souffle pendant que le verre est en fusion, de manière à faire créver la soufflure, puis on ajuste cette bavure sur l'orifice du réservoir, et l'on fond à la lampe, en soufflant de temps à autre, pour donner au système une forme régulière. Cette partie de l'opération est difficile à faire, parce que le tube est très-étroit en dedans, suffisam-

ment épais pour offrir de la résistance, et que l'insufflation graduée exige beaucoup de soin et d'exercice.

Lorsque la soudure est faite, il s'agit d'introduire le mercure dans le réservoir, et comme l'air s'oppose à l'entrée du métal, il faut d'abord chasser cet air, du moins en partie, en exposant la boule au feu. L'air dilaté s'échappe par le bout ouvert, qu'on plonge alors dans du mercure bien par provenu de la distillation. Par le refroidissement la densité de l'air intérieur s'affaiblit, et la pression extérieure fait monter du mercure dans le tube et même dans la boule. On facilite beaucoup cette opération en soufflant préalablement un petit entonnoir au bout ouvert du tube, et y versant le mercure qu'on veut introduire. Le feu qui dilate l'air intérieur, force cet air à s'échapper à travers le mercure, et celui-ci en prend bientôt la place.

Dès que la boule contient un peu de mercure, on le fait bouillir; presque tout l'air intérieur est alors chassé par la vapeur du métal; et en reproduisant plusieurs fois la même manœuvre, on finit par remplir le thermomètre de mercure bouilli, et parfaitement dégagé d'air et d'humidité.

C'est surtout l'eau qu'il est difficile de chasser, d'autant plus qu'en soufflant la soudure et le réservoir, on y a introduit une couche de vapeur aqueuse qui est très-adhérente au verre. On a, il est vrai, indiqué un moyen d'éviter de souffler avec la bouche, en adaptant au bout du tube une poire de gomme élastique pleine d'air, qu'on comprime avec la main, pour remplacer l'insufflation; mais ce procédé parait bien imparfait, puisque aucun fabricant n'en fait usage. D'ailleurs, il est presque impossible de souffler le réservoir autrement qu'avec la bouche; l'atmosphère même contient de l'humidité; et en définitive, on est toujours obligé de recourir à l'ébullition du mercure. La vapeur de ce métal, en s'échappant, entraine celle de l'eau, qui, à cette température élevée, a une grande tension.

L'ébullition de la colonne capillaire exige beaucoup de soin pour éviter de casser le tube; mais en chauffant la boule, la dilatation pousse cette colonne, et on la fait bouillir dans l'entonnoir supérieur qui la reçoit.

Quand l'instrument est refroidi, on coupe le bout du tube, et l'on évacue une partie du mercure qui le remplit, sans interposition d'aucune bulle d'air, ni de vapeur : il ne faut pas que la quantité de mercure soit trop grande ni trop petite, car dans les basses températures le métal rentrerait en entier dans le réservoir, ou bien dans les hautes, il sortirait du tube. Quelques essais, l'habitude surtout de ce genre de travail, rendent cette opération très-facile. On chauffe donc le réservoir pour faire sortir du tube l'excédant du mercure, et réduire la colonne à une longueur convenable aux températures que l'instrument est destiné à mesurer.

Il faut alors boucher le tube à la flamme; mais quoique l'air qui reste dans le tube n'empêche nullement les effets d'être réguliers, on a soin de chasser cet air avant de fermer le tube. Pour cela, on effile le bout à la lampe, on chauffe le réservoir pour faire monter le mercure jusqu'en haut, puis aussitôt dirigeant le dard d'un chalumeau sur la partie effilée, on la fond et on la renforce d'épaisseur. Le refroidissement ramène la colonne à son premier niveau, et le tube est absolument vide d'air au-dessus : on évite par là l'inconvénient que présentent certains thermomètres, de montrer une colonne divisée par un peu d'air interposé, qui s'y est glissé dans l'agitation du transport. On reconnait que l'instrument est vide d'air, à ce que le mercure tombe subitement au bout, par le renversement : on voit ainsi passer le vide successivement du bout du tube au réservoir, et réciproquement. Tout thermomètre dont la colonne est divisée par de l'air, ne peut servir dans cet état, parce que l'échelle graduée dont nous allons parler n'y convient plus; mais il ne faut pas pour cela rejeter l'instrument : de petits coups imprimés sur la boule, ou une vive rotation, suffisent pour réunir les parties de la colonne. (*Voyez* plus loin ce qu'on dira de la manière d'emplir les thermomètres à alcohol.)

Quelques fabricans soufflent avant tout, en haut du tube, une petite chambre que le mercure échauffé vient remplir, quand on va fermer le tube. Le vide est alors plus parfait et plus sûr; il est aussi plus facile à vérifier par le moyen qu'on vient d'indiquer, parce que le volume de ce vide est plus grand : enfin, on ne court pas risque de casser le thermomètre en le soumettant à une chaleur plus forte que celle indiquée par son échelle.

Il reste maintenant à marquer l'échelle de l'instrument. On a pour cela remarqué

deux températures fixes et toujours constantes qu'il est bien facile de se procurer, l'une est celle de la glace fondante, l'autre celle de l'ébullition de l'eau. La Glace se forme dans certaines circonstances à des températures différentes; mais son point de fusion est toujours le même. Il faut en dire autant du terme de l'ébullition, pourvu que l'eau soit pure, et que le baromètre marque $0^m,76$; car sur de hautes montagnes, l'eau bout à des températures plus basses que celle qu'on veut marquer, et l'eau qui contient des sels en dissolution, ne bout au contraire qu'à des températures plus élevées, selon la nature de ces sels. Ainsi, on plongera le thermomètre entier dans de la glace pilée et fondante, puis dans l'eau bouillante, et l'on marquera sur le verre deux traits aux points où la colonne de mercure s'est arrêtée.

Il convient de dire que l'eau doit bouillir dans un vase de métal; car M. Gay-Lussac a remarqué que les vases de verre retardent l'ébullition; de plus, on ne doit plonger le réservoir dans l'eau bouillante qu'à une petite profondeur, parce que le fond du vase portant le poids de l'eau qui y est contenu, ne laisse échapper la vapeur d'eau que lorsqu'elle a acquis la température propre à vaincre cette résistance. Ainsi, le fond du vase est plus chaud que la surface supérieure, et celle-ci est à la température qu'on veut marquer, puisqu'elle surmonte la pression atmosphérique de $0^m,76$.

Cependant comme le tube entier doit être soumis à cette température, et qu'il serait peu commode de le coucher dans le vase rempli d'eau bouillante, et cela principalement quand la longueur du tube est un peu considérable, on se sert d'un vase ayant la forme de la fig. 7, de manière que le tube est enveloppé de la vapeur d'eau bouillante, qui a la tension même où elle s'échappe de l'eau. La boule plonge un peu dans l'eau, et tout l'instrument est soumis à la même température fixe.

On connait très-bien les causes pour lesquelles les deux températures que nous venons d'indiquer pour limites sont constantes. Ces causes on été expliquées aux mots Chaleur, Glace, Ébullition. Nous avons dit qu'il fallait que le baromètre fût à $0^m,76$, et l'on attend que cet état subsiste, comme il est ordinaire à nos pays, pour marquer la seconde limite du thermomètre. Il suit des expériences de Wollaston, qu'une diminution de pression atmosphérique de $0^m,027$ abaisse de 1 degré le terme de l'ébullition, de $0^m,054$ pour 2 degrés, etc. : d'où l'on voit que : 1° on peut graduer un thermomètre à toute pression, en tenant compte de cet effet (par exemple, si le baromètre marque $0^m,719$, on ne mettra que 98°,5, au lieu de 100 au terme de l'ébullition); 2° on peut même mesurer les hauteurs des montagnes, en évaluant avec un bon thermomètre le degré de l'ébullition de l'eau, puisqu'on en conclut la pression atmosphérique comme le ferait un Baromètre. (*Voyez* cet article.) Au reste, cette remarque est plus curieuse qu'utile, parce qu'il serait bien difficile de faire l'expérience exactement, et d'avoir un thermomètre assez précis pour l'exécuter.

On est convenu de diviser l'intervalle compris entre nos deux termes en 100 parties égales qu'on appelle *degrés :* Réaumur ne divisait cet espace qu'en 80. Ainsi pour réduire des degrés du *thermomètre centigrade* en ceux de Réaumur, il faut en retrancher $\frac{2}{10}$ ou $\frac{1}{5}$; et au contraire, pour réduire les degrés de Réaumur en centigrades, il faut ajouter $\frac{1}{4}$. Par exemple, 25 degrés centigrades n'en valent que 20 de Réaumur (en ôtant 5, cinquième de 25), et 32 degrés de Réaumur en valent 40 centigrades (en ajoutant 8, quart de 32).

Comme on a trouvé que le nombre 80 était arbitraire, on a préféré le nombre 100, qui s'accorde mieux avec le système décimal. Aussi le thermomètre centigrade est-il seul en usage dans les sciences; mais le public, les ateliers, les manufacturiers, se servent plus ordinairement de l'échelle de Réaumur, et c'est d'elle qu'on parle toutes les fois qu'on néglige d'indiquer le mode de division.

On marque zéro au terme inférieur, et l'on inscrit les nombres 5, 10, 15.... aux divisions ascendantes, de 5 en 5 : on répète au-dessous de zéro les mêmes divisions qu'au-dessus. C'est ordinairement sur le tube même que les étalons sont divisés et numérotés, afin d'éviter les erreurs de parallaxes, c'est-à-dire celles que l'on fait en dirigeant les rayons visuels obliquement au tube, ce qui les fait plonger trop haut ou trop bas sur l'échelle. Ces divisions sont marquées sur le verre avec une pointe de diamant et à l'aide d'une machine à diviser. (*Voyez* Divisions.) Le thermomètre gradué sur le tube peut être plongé dans les liquides et les gaz pour en évaluer la température ;

tandis que l'appareil d'une échelle accessoire pourrait être fort gênant, ou serait détérioré par les substances ; mais le plus souvent les beaux thermomètres sont appliqués sur une plaque de verre, de bois, ou de cuivre argenté, dans une rainure où on les loge, et les graduations des deux échelles sont gravées sur la plaque.

Quant aux thermomètres qu'on répand en si grand nombre dans le commerce, on n'y prend guère d'autre soin que de purger le mercure d'air et d'humidité, ce qui se fait très-rapidement lorsqu'on se livre à une fabrication étendue, parce que les parties du travail sont divisées entre plusieurs ouvriers. Quand l'instrument est purgé, on le bouche et on le compare à un étalon, en les plongeant l'une et l'autre successivement dans la glace fondante, et dans de l'eau chaude à 50 ou 60 degrés, qu'on laisse refroidir à 40 et à 20. On marque donc sur le tube les termes de 0, 20, 40, et même plus. La subdivision des espaces en parties égales est faite ensuite par des *faiseurs d'échelles*. Comme les tubes ne sont pas calibrés, on trouve toujours quelque inégalité entre les divisions supérieures et inférieures. Malgré ces légers défauts, ces thermomètres sont encore très-bons, et sujets à peu d'erreurs, tant l'habitude de la fabrication rend les ouvriers habiles à bien faire. D'ailleurs, on ne les destine pas à des expériences qui exigent de la précision.

Mais un genre de faute bien ordinaire, c'est de mal proportionner la grosseur du réservoir, le calibre du tube, la longueur moyenne de la colonne de mercure ; car alors on a un instrument qui marque des températures inutiles, ou qui ne donne pas celles dont on a besoin, ou enfin, dont les degrés sont trop grands ou trop petits. A quoi peut servir, par exemple, d'indiquer sur un grand thermomètre des températures de 40 degrés sous zéro, ou de 70 degrés au-dessus, s'il est réservé à indiquer les températures de notre climat ? D'un autre côté, s'il ne marquait que 36 degrés, lorsque le soleil, ou le voisinage du foyer, le ferait monter à ce terme, le tube se briserait infailliblement.

Les fabricans sont si exercés dans cet art, qu'ils arrivent aisément à faire leurs thermomètres exempts de ces défauts : ils réussissent même à faire l'instrument pour une échelle donnée. Ainsi, lorsque par accident on casse le thermomètre, il est aisé d'en monter un autre sur la même échelle. L'ouvrier fait plusieurs essais successifs, jusqu'à ce qu'il trouve l'instrument qu'il désire. Ces essais ne sont pas en pure perte, et entrent dans les produits de son commerce.

Les Anglais se servent d'une échelle dite de *Farenheit ;* elle est encore plus arbitraire que celle de Réaumur. Il marque 32 degrés au terme de la glace fondante, parce que Farenheit avait observé que le terme zéro (32 degrés au-dessous) était le *maximum* de froid qu'on éprouve en Islande ; terme qu'il regardait comme le plus rigoureux possible. Ce physicien marquait 212 degrés au terme d'ébullition de l'eau ; et comme 180 degrés de cette échelle représentent 100 ou 80 des nôtres, on en tire une règle facile pour traduire l'une des indications de ces échelles en celles des autres (1).

Pour distinguer les degrés de froid de ceux de chaleur, on énonce s'ils sont au-dessous ou au-dessus de la glace fondante : quelquefois aussi on fait précéder du signe — les températures froides, c'est-à-dire au-dessous du zéro de l'échelle. Les thermomètres du commerce portent l'indication de quelques températures particulières remarquables. En voici la liste :

			degrés Réaum.
On inscrit le mot	*Syrie*	à	50
	Sénégal.	à	38 ½
	Paris, 1753. . .	à	30 ½
	Bains ordinaires.	à	26
	Vers à soie. . . .	à	19
	Serres chaudes. .	à	15
	Tempéré.	à	10 ½
	Orangers.	à	6
	Glace.	à	0
	Rivières gelées . .	à	— 6
	Paris, 1740. . .	à	—10 ½
	1776. . .	à	—15
	1709. . .	à	—17
	1788. . .	à	—17 ½
	1795. . .	à	—18
	Pétersbourg. . .	à	—21

On fait aussi des thermomètres propres à marquer seulement certaines températures limitées, par exemple, de 10 à 20 degrés,

(1) Soient C, R et F des nombres de degrés indiquant des températures égales sur les échelles centigrades, de Réaumur et de Farenheit, on a les relations.

$$4C = 5R, \quad C = \frac{5}{9}(F - 32), \quad R = \frac{4}{9}(F - 32).$$

et dont les divisions sont très-écartées, pour que les fractions soient faciles à saisir. Il faut alors ménager une ampoule en haut du tube pour recevoir le mercure quand la température s'élève, afin que la dilatation du liquide ne casse pas le tube. On a ainsi un instrument très-sensible, et qui n'est ni très-volumineux, ni difficile à faire. Tels sont les thermomètres de bains, ceux dont on se sert dans certains cas de fabrication, etc.; et quand l'instrument doit flotter sur un liquide, on l'engage dans une pièce de liége, ou bien on l'entoure d'une chemise de verre, lestée avec du mercure à la partie inférieure, comme un ARÉOMÈTRE. L'échelle est tracée sur une bande de papier collée dans le verre avec de la cire, ou etc.

Au lieu d'un réservoir, on se contente quelquefois de rouler en spirale une portion du tube même, qui tient lieu de boule. Ces sortes d'instrumens sont difficiles à exécuter, et surtout à purger : du reste, ils sont élégans et aussi exacts que d'autres. On en fait de la sorte sur des tabatières, dans des cadres de tableaux, sur des cadrans de baromètre.

Comme la dilation du mercure est uniforme, du moins dans l'étendue de 20 degrés au-dessous de la glace fondante jusqu'à 130 ou 140 degrés au-dessus, le thermomètre à mercure est extrêmement propre à mesurer les variations de température entre ces limites. Il faut observer que cet instrument ne mesure que la différence de dilatation du verre et du fluide métallique (1).

On a remarqué qu'avec le temps, le zéro de l'échelle monte. Ainsi, un thermomètre à mercure qui actuellement marque zéro juste, quand on le plonge dans la glace fondante, pourra marquer 1 et même 2 degrés au bout d'un an, quand on le soumettra à la même épreuve. Il faut donc en changer l'échelle, ce qui ne présente pas de difficulté, ou plutôt tenir compte de *son avance* par une soustraction. On avait attribué cet effet à la pression de l'air extérieur, que le vide interne ne contrebalance plus : dans cette explication, la boule était supposée comprimée par l'atmosphère, ce qui, à la longue, faisait monter la colonne. Mais, selon M. Arago, c'est bien plutôt l'air qui produit cet effet, en se dégageant peu à peu du verre et du mercure, et venant s'accumuler en haut de la boule.

Les *thermomètres à alcohol* coloré en rouge par de l'orseille, sont si faciles à faire, même sous de grandes dimensions, qu'ils sont extrêmement répandus et à fort bas prix dans le commerce; ils n'exigent pas d'être soumis à l'opération la plus délicate, qui est de les purger d'air et d'eau; car on n'a pas besoin de faire bouillir la liqueur. On remplit l'instrument à la manière décrite ci-dessus; et comme il s'y produit des interruptions dans la colonne, on attache le bout du tube à une ficelle, et l'on tourne rapidement, comme on ferait d'une fronde. La force centrifuge pousse l'alcohol au fond du réservoir et chasse l'air, qui est bientôt remplacé par de la vapeur alcoholique. On bouche le tube et on le soumet aux épreuves ordinaires de graduation.

Mais il faut ici se servir d'un étalon à mercure, pour marquer les divisions d'espace en espace; car si l'on plongeait le thermomètre dans la glace fondante et dans l'eau bouillante, pour avoir les termes régulateurs, ce qu'on fait quelquefois, ce thermomètre ne serait pas comparable à ceux de mercure, parce que la dilatation de l'alcohol ne se fait pas régulièrement. En général, la loi de dilatation des liquides est très-compliquée, c'est-à-dire que pour des variations égales de température, les volumes croissent de quantités inégales. Nous donnons ici une table résultant d'observations de Flaugergues, qui indique les degrés correspondans de deux thermomètres, l'un de mercure, l'autre d'alcohol, lorsqu'on a divisé leurs échelles en 100 ou 80 degrés, depuis la glace fondante jusqu'à l'ébullition de l'eau.

(1) MM. Dulong et Petit ont trouvé, par des expériences très-délicates, que depuis la glace fondante jusqu'à l'eau bouillante, le mercure se dilate de $\frac{100}{6480}$, de son volume à zéro; mais qu'enfermé dans le verre, la dilatation n'est plus que de $\frac{100}{5550}$, ou $\frac{1}{5550}$ de son volume primitif pour chaque degré centigrade.

Correspondance des thermomètres à mercure et à esprit de vin.

ALCOHOL en 80.	MERCURE en 80.	MERCURE en 100.	ALCOHOL en 80.	MERCURE en 80.	MERCURE en 100.
—18°	—17°10	—21°37	+ 9°	+ 8°28	+10°35
17	16,26	20.32	10	9,20	11,50
16	15,40	19.25	11	10,12	12.65
15	14,51	18,14	12	11.05	13,81
14	13.60	17,00	13	11,97	14,96
13	12,62	15,77	14	12.89	16,11
12	11,74	14,67	15	13,81	17,26
11	10.79	13,49	16	14,73	18,41
—10	9.82	12,27	17	15,64	19,55
9	8.85	11,06	18	16,55	20.69
8	7,87	9,84	19	17,46	21,82
7	6,88	8,60	20	18,38	22.97
6	5,89	7,36	21	19,29	24,11
5	4,90	6,12	22	20,20	25,25
4	3,91	4,89	23	21,21	26,51
3	2.92	3,65	24	22,02	27,52
2	1,94	2,42	25	22,92	28,65
— 1	0,96	1,20	26	23.82	29,77
0	0,00	0,00	27	24,72	30,90
			28	25.62	32,02
			29	26,51	33,14
+ 1°	+ 0°92	+ 1°15	30	27.40	34,25
2	1.84	2,30	31	28,29	35,36
3	2.76	3,45	32	29,18	36,47
4	3.68	4,60	33	30,07	37.59
5	4,60	5,75	34	30,95	38,69
6	5.52	6,90	35	31,83	39,79
7	6,44	8,05	36	32,70	40,87
8	7,36	9,20	37	33,57	41,96

Ainsi deux thermomètres, l'un à mercure l'autre à alcohol, qui marquent ensemble, 0 et 80 degrés, sont tout-à-fait discordans dans l'intervalle; à 36 degrés du dernier, le premier marque 3°,3 de moins. Le thermomètre à alcohol n'est donc propre à indiquer les températures qu'autant que son échelle est marquée par comparaison avec un étalon à mercure. Sous la pression ordinaire, l'alcohol bout à 78 degrés centigrades; mais cette liqueur, hermétiquement enfermée dans un vase, développe une atmosphère qui retarde considérablement le terme de l'ébullition : on peut donc soumettre ce thermomètre aux mêmes termes de graduation que celui à mercure; mais alors l'instrument est défectueux : il ne peut même servir à mesurer des températures un peu élevées, parce que près du terme de l'ébullition ou du *changement d'état*, la dilatation doit être très-irrégulière.

Et voilà pourquoi précisément le thermomètre à mercure ne peut servir à mesurer de basses températures, puisque ce fluide se congèle à — 39 degrés centigrades. L'eau ne pourrait pas être employée vers + 4 degrés; et même, au-dessous de ce terme, le verre se briserait par l'accroissement de volume de la glace qui se formerait.

Comme il importe de ne pas donner au tube barométrique trop de longeur, ce qui rend l'instrument difficile à faire, fragile et embarrassant, il n'y a guère que les étalons qu'on construit avec l'échelle entière d'au moins 100 degrés : presque tous les usages de l'instrument n'exigent que quelques degrés au-dessous de zéro, et 40 à 50 degrés au-dessus; c'est pour cette étendue qu'on les construit. Mais il convient, pour que les subdivisions soient faciles à distinguer, qu'elles soient grandes, et par conséquent que le tube soit très capillaire; mais alors

le filet de mercure est si délié, qu'on a peine à le voir. On a réussi à éviter cette difficulté, en se servant de tubes plats intérieurement, qui ayant même capacité que les cylindriques, présentent plus de largeur, et laissent mieux voir l'extrémité de la colonne; seulement il est plus difficile de les trouver calibrés : alors, par les procédés décrits ci-dessus, on fractionne la longueur en parties d'égales capacités, qu'on est en droit de regarder comme cylindriques, et qui ont leurs subdivisions égales entre elles, mais un peu différentes des inférieures et des supérieures.

2°. *Thermomètres à air.*

L'air et les gaz secs se dilatent tous de la même quantité pour des températures égales (*voyez* DILATATION); ces fluides sont donc excellens pour faire des thermomètres; les fig. 8, 9 et 10 en montrent la forme. On introduit dans une boule de l'air sec, par les procédés connus; une petite goutte de mercure intercepte la communication (fig. 8) avec l'air extérieur. Lorsque la température varie, cette goutte sert d'index et monte et descend au gré des variations correspondantes du volume d'air. On se rendra de même raison des effets des thermomètres fig. 9 et 10.

Ces instrumens ont le défaut de ne montrer que des résultats complexes, parce que la pression atmosphérique agit dans l'expérience; en outre, il ne faut pas que la boule dépasse en capacité le triple de la colonne du tube, parce qu'à 100 degrés le mercure sortirait, et il entrerait dans la boule à zéro. On n'emploie les thermomètres à air que dans les recherches délicates, et pour mesurer de basses températures.

Les *thermomètres différentiels de Leslie* (fig. 11, 12 et 13) sont composés de deux boules A, B, réunies par un tube, et l'on y introduit de l'air sec, et du mercure qui intercepte la communication. Un petit tube ouvert et effilé *a*, sert à faire entrer ces fluides, par le moyen de la chaleur et de soins qu'il serait superflu de décrire ici. On ferme ensuite l'orifice *a* à la lampe. On peut faire passer une partie de l'air d'une boule dans l'autre aussi par la chaleur, de manière à loger le mercure dans telle partie qu'on veut de l'appareil.

Cet instrument ne sert qu'à mesurer les différences de températures auxquelles les deux boules sont exposées, attendu que celle qui est le plus échauffée refoule le mercure dans le tube. Le zéro de l'échelle est mis au point où les deux boules sont à la même température : on se procure un autre point en plongeant l'une des boules dans de l'eau chauffée à un degré déterminé. Si l'eau est à 20 degrés de plus que l'air, la différence de température des deux boules est 10 degrés (du moins si l'on s'est mis à l'abri du rayonnement en interposant un écran); on divise ensuite l'intervalle parcouru par le mercure en 10 parties égales, qu'on répète au-delà et en-deçà des deux limites. Ces instrumens sont le plus souvent faits avec de l'acide sulfurique coloré, qui remplace le mercure.

Le *thermoscope de Rumford* (fig. 14) n'est que l'instrument qu'on vient de décrire, dont les deux boules sont très-écartées, pour en assurer les indications : on sépare ces boules par un écran revêtu de papier doré.

Thermomètres à maxima et à minima. Souvent on désire qu'un thermomètre indique la plus haute ou la plus basse température survenue en l'absence de l'observateur. Voici comment on atteint ce but.

Sur une planchette sont fixés deux thermomètres à tiges horizontales (fig. 15); l'un, A, est en alcohol limpide, et contient dans son tube un petit cylindre d'émail plus mince que le tube n'est large; on amène cet index, par l'inclinaison, au-dedans du liquide et au bout de la colonne. Si la liqueur se dilate, cet index reste en place; mais dans le cas contraire, la liqueur l'entraîne avec elle, et il rétrograde le long du tube, s'arrêtant dès que la température est au *minimum*.

L'autre thermomètre, B, est à mercure, et renferme un index d'acier qui est poussé par le mercure quand il y a dilatation, et qui demeure en place lorsque la condensation ramène le fluide. Cet effet résulte de ce que l'acier n'est pas mouillé par le mercure. Ainsi, l'index marque le *maximum* de température.

3°. *Thermomètres métalliques.*

Thermomètre de Bréguet (fig. 16). Cet instrument est un des plus ingénieux qu'on ait imaginés. L'hélice cylindrique MN est formée de trois feuilles excessivement minces de platine, d'or et d'argent, soudées par une forte pression, et ensuite découpées et contournées. On fixe le bout M au support Q; l'autre extrémité porte une aiguille très-légère *ab*. L'inégalité de dilatation des métaux fait tordre ou dérouler la spirale;

l'aiguille tourne donc, et ses excursions sont indiquées sur un cadran horizontal. Le tout est recouvert d'une petite cloche de verre.

Comme il a été constaté que les arcs décrits par l'aiguille sont proportionnels aux températures, il suffira, pour évaluer toutes les variations en degrés du thermomètre à mercure, de comparer ces deux instrumens. On sait alors combien il faut de degrés du cercle pour représenter un degré thermométrique, et à quelle division on doit placer le zéro de température. Cet instrument est surtout utile pour les expériences dans lesquelles la chaleur joue un rôle subit, parce que le métal est si sensible à ses effets, qu'il en rend sur-le-champ témoignage; tandis qu'un thermomètre en verre est ordinairement très-paresseux à se mettre à l'unisson de température de l'air ambiant.

Le plus commode des thermomètres métalliques est celui qu'on fabrique par la méthode des compensations de balancier. Une lame courbe AB (fig. 18) est formée de cuivre et de platine soudés sur leur épaisseur. Comme ces deux métaux ont des dilatations inégales, les variations de température déforment la courbe, et l'extrémité A étant fixée par une vis, le bout B s'approche ou s'éloigne du centre C d'un râteau denté *ab*, dont elle pousse le court talon CD. Le plus petit mouvement de la lame est de la sorte agrandi et rendu sensible à l'extrémité de l'arc AB, dont le rayon a dix fois au moins la longueur du talon BC. Ce râteau engrène avec un pignon D et le fait tourner. Une aiguille DE, portée par l'axe de ce pignon, agrandit encore ces effets, et va marquer, sur un cadran concentrique, les variations de température, ou plutôt les degrés thermométriques; car par quelques essais, et en comparant les excursions de l'aiguille avec un bon thermomètre à mercure, il est facile de marquer sur le cadran les deux températures extrêmes qui font accomplir à l'aiguille une révolution complète; et faisant pirouetter l'aiguille sur son axe, où elle n'est tenue qu'à frottement, on fait en sorte que la température moyenne, ou 10 degrés, soit à la division de la demi-circonférence. Les arcs égaux marquent, sur le cadran, des variations égales de température.

Un ressort spiral et capillaire monté sur l'axe du pignon, à la manière de ceux des balanciers de montre, ramène sans cesse le talon sur la lame BA, dont il doit suivre les mouvemens. En limant cette lame ou le talon pour l'accourcir, on les travaille, et on les amène au point de ne pas produire de trop grands mouvemens, dans les limites de température qu'on veut mesurer. Cet instrument est très-sensible et aussi exact qu'un thermomètre à mercure; il se place dans une boîte de montre et compose un bijou fort élégant. Du reste, l'exécution en est assez délicate; ce sont les horlogers de Genève, de Neufchâtel, qui en fournissent le commerce. Il a été inventé par un horloger de Copenhague, nommé Jungersenn.

Le plus simple des thermomètres métalliques est celui qui est formé d'un barreau de métal qu'on fait butter par un bout contre un obstacle, tandis que les variations de longueur sont attestées à l'autre extrémité par un appareil à levier semblable à ceux du *comparateur*. (*Voyez* Longueur, et fig. 1, Pl. 10 des *Arts de calcul.*)

Les règles de platine qui servent à mesurer les bases géodésiques contiennent, dans une rainure sur leur épaisseur, une réglette en cuivre fixée par un bout et libre par l'autre. Comme la longueur absolue d'une règle dépend de sa température, il importe d'en mesurer les variations pendant qu'on l'emploie; mais la réglette de cuivre s'allonge deux fois plus qu'une pareille longueur de la règle de platine. Si l'on a fait un trait rectiligne sur l'une et l'autre quand la température était à zéro, il n'y a plus coïncidence entre ces deux traits quand celle-ci s'élève ou s'abaisse, et l'on peut, à l'aide d'expériences, de verniers et de loupes microscopiques, saisir jusqu'aux moindres variations de température. (*Voyez* Dilatation.)

4o. *Pyromètres.*

On donne ce nom aux instrumens destinés à mesurer de très-hautes températures. Le thermomètre métallique qui vient d'être décrit pourrait y être employé. On pourrait aussi mesurer avec soin l'allongement d'une règle de métal, en se servant du comparateur; car, dans des limites très-étendues, cet accroissement de longueur est proportionnel à la température.

Mais ces procédés seraient insuffisans pour connaître la température des fourneaux, surtout celle des verreries, celle qui est destinée à fondre le fer, etc. C'est le *py-*

romètre de *Wedgewood* qui est alors employé.

Sur une plaque de cuivre ABCD (fig. 17) sont fixées trois règles P, M, N, aussi de cuivre, dont les bords en regard sont très-légèrement inclinés l'un sur l'autre, de manière à former un canal qui se rétrécit insensiblement; l'ouverture la plus étroite de M et N est la même que la plus large de N et P, de manière que les rigoles soient le prolongement l'une de l'autre. On fabrique de petits cônes tronqués *abcd* en argile cuite à la chaleur du rouge naissant, qu'on taille à facettes, et calibrés de manière à entrer juste dans le canal le plus large, et à n'y pas pouvoir pénétrer plus loin que l'ouverture.

On introduit ce petit cône dans un creuset, et lorsqu'on veut connaître si la température y est suffisamment élevée pour l'objet qu'on se propose, on retire ce corps du feu, on le laisse refroidir, et on le place entre les règles, au point juste où il peut y entrer. La forte chaleur à laquelle l'argile a été exposée lui donne du retrait, et le petit corps *abcd*, qui d'abord ne pouvait entrer que dans la partie la plus large du canal, pénètre plus loin, et va marquer sur l'une des règles la température qui a causé cette réduction. On divise le canal en 240 parties égales ou degrés; le zéro est à l'entrée la plus large, le 240e degré est au bout le plus étroit; l'une de ces ouvertures a 12,7 millimètres, et l'autre 7,6 de largeur. La longueur totale du canal est 61 centimètres.

Le zéro du pyromètre de Wedgewood répond à 580°,55 du thermomètre centigrade, et chaque degré vaut 72,22 degrés de ce dernier; du moins quand on emploie de l'argile blanche de Cornouailles bien fine, pétrie avec moitié de son poids d'alumine. Cet instrument est précieux pour les fabriques qui ont besoin de soumettre les substances à des températures élevées, même en considérant que les indications ne sont pas à l'abri de quelques incertitudes.

Nous terminerons cet exposé en donnant le tableau de comparaison des différentes échelles thermométriques des physiciens qui ont fait de la chaleur le sujet de leurs recherches. La première ligne A du tableau suivant désigne les degrés marqués sur chaque thermomètre par l'eau à l'état d'ébullition sous la pression moyenne, G ceux que marque la glace fondante, d la différence entre ces deux nombres.

	Réaum. mercure.	Centigr. mercure.	Farenh. mercure.	Delille. mercure.	alcohol.	Lahire. alcohol.	Newton. huile.	Amonton. air.
A	80	100	212	0	0	200	34	73
G	0	0	32	—150	—113,5	28	0	51,5
d	80	100	180	150	113,5	172	34	21,5

En prenant deux nombres d et d' dans la troisième ligne, on voit que d degrés d'un thermomètre sont représentés par d' sur un autre; d'ou l'on conclut que si D degrés du premier le sont par D' du second, on doit avoir l'équation $D'=\frac{d'}{d}D$. Or, la température T marquée par D, porte sur l'instrument le n° $D=T-G$; comme aussi celle T' du deuxième porte $D'=T'-G'$; donc on a

$$T' = G' + \frac{d'}{d}(T - G).$$

Cette formule servira à traduire les indications d'un thermomètre quelconque en celles qui y correspondent sur un autre instrument

Quel est, par exemple, l'équivalent de 83 degrés Farenheit en degrés centigrades? On prend $d = 180$, $G = 32$ dans la colonne Farenheit, et $d' = 100$, $G' = 0$ dans celle du thermomètre centigrade; on fait $T = 83$, et en substituant dans la formule, il vient

$$T' = 0 + \frac{100}{180}(83 - 32) = \frac{5}{9}.\ 51° = 28°\frac{1}{3},$$

c'est-à-dire que le 83e degré de Farenheit équivaut au $28\frac{1}{3}$ degré du thermomètre centigrade. Fr.

THERMOSCOPE. (*Arts physiques.*) Cet instrument, représenté fig. 14, Pl. 18 des *Arts physiques*, a été imaginé par Rumford, pour mesurer des différences de températures par la dilatation de l'air sec renfermé dans deux boules que sépare un long tube deux fois coudé. On a décrit cet instrument parmi les thermomètres à air. (*Voyez* l'article Thermomètre.) Fr.

THON. C'est le nom d'un grand poisson du genre *scombre* (*scomber thynnus*), qui est commun dans la Méditerranée, sur les côtes d'Espagne et de Provence, sur celles du golfe de Gascogne, etc. Le thon a de grandes écailles, le museau pointu et épais, des dents petites, aiguës et serrées, les yeux grands et le dos noirâtre. La première nageoire dorsale est composée de longs aiguillons pointus que le poisson dresse à sa volonté, comme moyen d'attaque ou de défense.

Les thons sont voraces, actifs, robustes; ils vivent en grandes troupes et sont de passage, comme les maquereaux et la plupart des poissons du genre scombre; ils ont l'habitude de s'élancer hors de l'eau, d'une manière particulière, en sautant par bonds. Leur pêche occupe un grand nombre d'hommes; c'est en été qu'on les rencontre principalement : on les pêche avec d'immenses filets nommés *mendragues*. C'est une branche de revenu considérable pour la Provence. On en prend aussi beaucoup à la ligne, dont l'hameçon est tenu à des fils de métal, et dont l'appât est un chiffon auquel on donne la forme d'un petit poisson. Quand la pêche est abondante, une chaloupe peut en prendre par jour 100 et plus, dont quelques-uns pèsent jusqu'à 2 quintaux.

Le thon meurt aussitôt qu'il est tiré sur le rivage : on le vide et on le coupe par tronçons, qu'on fait rôtir sur de grands grils de fer, et qu'on frit dans l'huile d'olive. On assaisonne ensuite de sel et de poivre, et l'on enferme dans de petits barils avec de nouvelle huile d'olive. C'est ainsi que le commerce livre cette substance à la consommation dans toutes les parties du monde : elle paraît en hors-d'œuvre sur nos tables, où elle est assez recherchée. On lui trouve un goût et une chair qui ressemblent un peu à celle du veau. Fr.

TIMBALE, Timbalier. Les timbales sont des instrumens de musique militaire qu'on a depuis introduits dans les grands orchestres. Dans l'origine, les Allemands s'en servaient seuls dans leurs troupes; et lorsqu'on leur eût pris des timbales à la suite des batailles, on s'en servit dans les régimens de France : mais il n'y avait que ceux qui en avaient fait capture qui eussent le droit de s'en servir. C'est de là que dérive l'opinion que le timbalier doit être un homme de cœur qui défend ses timbales au péril de sa vie, comme un officier défend son drapeau.

Les timbales sont deux grands bassins de cuivre rouge ou de bronze, ronds par le fond, montés sur des pieds qui les isolent de terre. Chacune est recouverte par-dessus d'une peau de bouc que maintient un cercle en fer : plusieurs écrous attachent ce cercle au bord du bassin, et des vis qu'on tourne avec une clef, servent à tendre la peau de manière à la faire résonner au ton voulu. (*V.* Tambour, où cette théorie est exposée.) Les deux timbales sont accordées à la quinte l'une de l'autre, et l'auteur de la musique note sur la partition, comme pour toute autre partie musicale, les notes qui indiquent les coups que doit frapper le timbalier. Aussi cet artiste doit-il avoir l'oreille très-exercée à l'aplomb de la mesure, puisque c'est lui qui ramène souvent tout l'orchestre à l'ensemble.

Dans les régimens, les timbales sont tenues ensemble par une courroie que l'on fait passer dans des anneaux qui sont attachés l'un devant, et l'autre derrière le pommeau de la selle du timbalier; car cet instrument n'est usité que dans la cavalerie. Au reste, maintenant les instrumens à vent sont si perfectionnés, si éclatans, et si agréablement sonores, que la musique régimentaire ne contient plus guère de timbales, et que ces instrumens embarrassans ne sont plus employés que dans les grands orchestres. Fr.

TIMBRE DE PENDULE. (*Arts mécaniques.*) C'est une petite cuvette en métal qui est percée au centre; dans ce trou on fait entrer la broche taraudée d'un support fixé à la platine, et l'on y arrête le timbre avec un écrou qui le presse contre une *portée*, de manière qu'il y est tout-à-fait immobile. Le marteau de sonnerie se trouve placé audessous de la concavité, vers le bord de la cuvette, et sa distance est telle que lorsqu'il se lève et s'abaisse par le jeu de la pièce (*V.* Sonnerie), la tête du marteau vient frapper le timbre et se retire immédiatement pour ne pas étouffer les vibrations. On tire parti, pour produire cet effet, de l'élasticité de la tige de cuivre qui sert de manche au marteau.

Le timbre est un métal sonore; c'est une espèce de bronze, de la nature du métal de cloche, qu'on sait être formé d'environ 80 parties de cuivre et de 20 d'étain. Cependant le métal des timbres contient un peu plus d'étain, et même souvent un peu d'arsenic. Cet alliage, comme on l'a dit à l'art. Bronze, devient malléable par la trempe; ainsi on le fait rougir et on le jette dans l'eau froide; après quoi il peut être écroui au marteau. Mais on préfère ordinairement couler la matière dans un moule (*V.* Fondeur), ce qui est plus tôt fait, mais donne un timbre cassant. Ce défaut a d'ailleurs peu d'inconvénient pour une pièce qui est peu exposée aux chocs violens, à moins qu'on ne la laisse tomber.

On mettait autrefois des timbres dans la

boîte des montres à répétition ; mais comme cette pratique donnait trop de volume à la pièce, on préfère aujourd'hui se servir de lames de ressort d'acier, dont la percussion par le petit marteau de sonnerie rend un son faible qui suffit très-bien à l'objet qu'on se propose (*V.* RESSORT).

TIMBRE DU PAPIER. (*Arts mécaniques.*) Tous les actes judiciaires, les traités sous seing privé, les journaux, les effets de commerce, les annonces publiques, etc., doivent, conformément à la loi, être écrits sur un *papier timbré*, passible d'un droit qui fait une partie des revenus publics. Pour éviter cet impôt, le commerce fait souvent les billets sur *papier mort*, c'est-à-dire non timbré. La plupart des conventions particulières sont aussi écrites sur ce papier, en contravention avec la loi. Mais ces engagemens, dans cet état, obligent les intéressés sans être recevables en justice ; en sorte que, pour les mettre à exécution, pour faire payer et même protester, il faut préalablement les soumettre au timbre. L'État frappe alors le papier d'une amende de 50 francs qui tombe à la charge de celui qui a souscrit, outre le droit du timbre même, perçu comme pour une feuille de papier blanc.

On peut faire timbrer, sans être passible de l'amende, tout papier écrit qui ne contient pas de signature.

Chaque feuille timbrée porte une empreinte contenant le chiffre du droit et une figure ; cette empreinte varie avec la dimension du papier, sa destination, etc., le tout conformément à la loi. Nous n'avons pas à exposer ici cette quotité de l'impôt qui varie avec les temps et les circonstances. Les journaux ordinaires, d'environ 50 centimètres sur 70, paient actuellement 6 centimes par feuille ; les annonces, 2 ½ centimes; les billets de commerce paient un droit qui varie avec la somme y énoncée, etc. Tous ces papiers ne portent qu'un timbre noir ; mais les papiers destinés aux actes et traités particuliers portent en outre un *timbre sec*, c'est-à-dire un timbre qui marque son empreinte incolore, et par la seule force de la compression. Pour ces deux différentes espèces de papiers, le procédé destiné à marquer le timbre est différent : nous allons le décrire.

Le graveur de la Régie exécute d'abord la *matrice*, qui sert ensuite à fabriquer tous les *coins* identiques distribués, dans les grandes villes de France, aux administrations chargées d'apposer les timbres. Celle de Paris siége rue de la Paix, n° 3. (*V.* COIN, MATRICE.)

Pour marquer les timbres noirs des journaux et annonces, l'ouvrier tient à la main gauche une espèce d'outil en forme de gros cachet de bureau, portant le coin d'acier à son extrémité ; de sa droite il tient un maillet, et posant le coin sur la feuille à timbrer, qui est sur une table devant lui, il frappe un coup sec avec le maillet, sur la tête qui termine le manche de l'outil. Comme les feuilles sont disposées en rame l'une sur l'autre, la force du coup est amortie par l'élasticité de la masse qui est au-dessous; une balle d'imprimeur est dressée à son côté gauche, et chaque fois qu'il veut marquer une feuille, il pose le coin sur la balle pour enlever un peu de noir ; devant lui, sur la table, est la rame de papier à timbrer, et une femme en fait passer successivement toutes les feuilles. Cette opération va très-vite, car il ne faut qu'une demi-seconde pour frapper chaque timbre : il y aurait donc 7200 feuilles timbrées par chaque heure, et deux personnes seulement suffiraient à ce travail, s'il n'était pas nécessaire de perdre du temps pour changer de rame, amorcer les balles, etc.; aussi ne frappent-ils que 6000 timbres à l'heure. Cette vitesse est ici tout-à-fait indispensable, parce que le nombre des feuilles à timbrer est très-considérable ; il y a tel journal qui tire à lui seul plus de 20,000 exemplaires par jour, dont chacun porte le timbre. La salle où ce travail s'accomplit renferme plusieurs tables, et les ouvriers y sont incessamment occupés à une opération semblable.

Les ouvriers de l'administration du timbre arrivent à neuf heures du matin, et sortent à midi ; ils rentrent à une heure, et finissent la journée à quatre ; ce qui fait 6 heures de travail par jour. Mais on ne compte que sur 5 heures effectives, parce qu'il y a du temps à perdre pour distribuer le papier, mettre en train, etc. Ainsi un homme et une femme suffisent pour marquer par jour 30,000 feuilles de journaux ou annonces.

Ce procédé très-expéditif ne peut plus être appliqué quand les papiers doivent recevoir le timbre sec, parce qu'il faut y employer beaucoup plus de force. Au lieu donc de faire marquer les timbres en deux opérations, on préfère les marquer ensemble à l'aide d'une machine imaginée par Gatteaux père, que les arts viennent récemment de perdre. Voici la description de cet

appareil, qui exige l'emploi de deux femmes et de deux hommes. L'une des femmes, armée d'un stylet, détache les feuilles à timbrer et les passe une à une à l'autre, qui les met sous la presse et les en retire successivement : elles échangent leurs fonctions après chaque heure; il en est de même des deux hommes, dont l'un manœuvre le balancier de la presse, et l'autre met le noir sur les coins. Il faut en général une seconde pour marquer un timbre ; mais au lieu de 3600 empreintes par heure, on n'en obtient guère que 2000, à cause du temps perdu pour changer de rames, et surtout pour attendre que les feuilles soient exactement détachées, car souvent deux feuilles sont comme collées ensemble et se présentent à-la-fois sous le stylet; une troisième femme est occupée à passer les feuilles en revue, pour rebuter celles qui sont défectueuses. Ces cinq personnes timbrent donc 12,000 feuilles par jour. (*V.* fig. 6, pl. 60 des Arts mécaniques.)

Description de la machine à timbrer de Gatteaux.

BCA est un balancier coudé, agissant comme celui dont on se sert pour battre monnaie. (*V.* Balancier monétaire.) La masse B qui est au bout est destinée à ajouter à la force du choc. Un ouvrier pousse devant lui le bout A, et le balancier en tournant fait descendre la vis V dans son écrou M ; elle remonte d'elle-même après le choc, par l'effet de l'élasticité des pièces en contact. Cette vis, à double filet carré, est en fer ainsi que le balancier, l'écrou, et la potence P qui supporte l'écrou solidement sur la table TT, par un large empatement DD. Cette vis, en descendant, rapproche jusqu'au contact le tampon F du coin E ; ce coin d'acier E est fixé sur la partie solide du support, et par la force de compression marque le timbre sec sur la feuille.

En même temps le mouvement du balancier se communique, par un mécanisme dont on se rend aisément raison, à la vis V′ et au tampon F′, qui marque le timbre coloré (*noir* ou *rouge*) sur le coin E′.

Une pièce circulaire horizontale GG′ porte en-dessus plusieurs coins *a*, *b*, *c*, *d*, rangés circulairement ; elle tourne sur son axe central H, de manière à amener successivement les divers coins sous le tampon F′ : ce mouvement est imprimé au disque GG′, par la rotation même du balancier et de sa vis, à l'aide du levier K ; et les choses sont ajustées de manière que tour à tour le tampon F′ du timbre coloré est mis en présence du nouveau coin.

Un ouvrier pose une balle enduite d'encre d'imprimeur sur le coin *a*, qui est à l'extrémité du diamètre passant par le tampon F′, pour enduire ce coin de la matière colorante qui sera déposée sur le papier quand ce coin sera amené à son tour sous le tampon F′, par l'effet de la rotation imprimée au disque GG′.

Le timbre des effets de commerce est imprimé par une autre machine un peu différente de la précédente, disposée sur les mêmes principes. Les coins, portant en caractères les chiffres qui indiquent le prix, et ce prix variant avec la somme contenue dans les billets, il est inutile de dire que ces coins peuvent être facilement remplacés par d'autres, parce qu'on ne peut avoir autant de ces balanciers qu'il y a de prix différens, c'est-à-dire de timbres de différentes valeurs.

Pour rendre les billets de la Banque de France plus difficiles à contrefaire, on les marque d'un timbre; ce timbre a été changé à plusieurs reprises pour le rendre plus compliqué : il contient maintenant une légende en caractères blancs marqués sur un fond noir, et une autre en caractères noirs sur un fond blanc. Autrefois on ne se servait que d'un seul timbre noir représentant diverses figures et la légende *Banque de France*. On frappe ces timbres d'une manière semblable à celle des effets de commerce. Quoiqu'il soit très-difficile d'imiter ces empreintes, l'adresse des contrefacteurs a réussi à faire de faux billets à l'aide de la presse lithographique. Ces contrefaçons, quoique parfaitement exécutées, sont cependant aisées à reconnaître, parce que la lithographie ne donne pas aux dessins et aux lettres ce bosselé du papier qu'en terme d'imprimeur on appelle *foulage*.

On doit à M. Dupeyrat l'ingénieuse invention des *timbres coïncidens*, propres à empêcher la contrefaçon de tous les effets de commerce, des pièces diplomatiques, des actes émanés de l'autorité publique, etc. Voici en quoi consiste cette invention.

Le papier est frappé sur les deux faces opposées d'un double timbre, entre deux coins tellement ajustés qu'il en résulte cet effet : chaque timbre n'offre en particulier qu'une image incomplète, dans laquelle on

voit des blancs qui semblent semés au hasard; mais ce qui manque à l'un de ces timbres est précisément ce qui est complété par l'autre, d'où résulte qu'en regardant le jour à travers le papier, on a un timbre formé d'une seule image complète. Les procédés destinés à transporter sur l'un des coins les traits qui manquent à l'autre, et la précision de la machine qui donne aux deux empreintes une telle disposition que les traits de l'une sont l'exacte continuation des autres, font de cette belle invention un obstable invincible pour les contrefacteurs. *V.* les Bulletins de la Société d'encouragement pour 1831. Fr.

TIMON (*Technologie*), pièce de bois d'environ 3 mètres de longueur qui fait partie du train d'un carrosse; on y attèle les chevaux: le timon les sépare, et sert à donner prise au recul. (*V.* Voiture.) On nomme *limon* le timon d'une charrette: ce sont les deux pièces de bois entre lesquelles on attèle le cheval de trait.

TIRAGE. (*Arts Mécaniques.*) On ne doit pas confondre le tirage avec le poids que traîne une voiture chargée: sans le frottement des roues sur l'essieu et sur le sol, le tirage serait nul; mais comme le frottement augmente avec la charge, le tirage est un résultat qui dépend du poids de la voiture et de celui qu'elle transporte. On le mesure par expérience à l'aide du Dynamomètre, et attelant le cheval au ressort de l'instrument et consultant les indications de l'aiguille. Voici les résultats d'épreuves de ce genre.

On calcule ordinairement, dans les roulages, la charge des charrettes sur le taux 750 à 700 kilogr. par cheval, sans compter le poids de la voiture. Un fort cheval de roulier doit être capable de tirer environ 140 kilogr.; il parcourt par jour 38 à 40 kilomètres (à peu près 10 lieues) sur un bon chemin horizontal, dans l'espace de 8 à 9 heures. La vitesse peut être estimée de 14 décim. par seconde.

L'action du cheval de roulier est donc de 140 kilogr. traînés à 40 kilom. par jour, ou de 5600 kilogrammes à 1 mètre.

D'autres expériences ne donnent que 75 à 100 kilogr. pour le tirage des chevaux, lorsqu'on veut les ménager, et qu'ils aient un long service.

Les chevaux de diligence, allant au trot et faisant 8 kilom. (2 lieues) par heure, font 34 à 38 kilom. par jour avec un tirage de 90 kilogr. et une vitesse de 22 décim. par seconde. Le poids traîné par chaque cheval est d'environ 1030 kilogr., le poids de la voiture compris. C'est le terme moyen de cinq années d'épreuves.

Quand on emploie de forts chevaux de trait, on trouve qu'un cheval transporte, outre le poids de la voiture,

Sur un sol horizontal pavé, 1200 kilogr.
Sur un chemin horizontal en fer, 6000 kil.
Sur un canal sans courant. 30 à 40 tonnes.
(La tonne est un poids de 1000 kil.)

Le travail diurne de l'animal est de 8 heures, et au pas.

Mais on voit que l'effet utile décroît beaucoup quand la vitesse augmente; car le travail du cheval de roulier allant au pas, est à celui du cheval de diligence comme 28 à 17 (*V.* l'article Chariot). Fr.

TIRANT, nom qu'on donne à une longue pièce de bois qui traverse d'un mur à un autre dont on veut empêcher l'écartement: on arrête les extrémités du tirant par des ancres en fer qui s'appuient sur les murs. Il y a aussi des tirans en fer, qui ont la même destination que ceux en bois. Les *entrais* des combles sont de véritables tirans. Fr.

TIRE-BOURRE, outil destiné à arracher du canon d'un fusil, d'un pistolet, etc., la charge qu'on y a mise et foulée. Cet outil a deux gros filets d'acier contournés en double vis à la manière de ceux des tire-bouchons; ces filets sont trempés et pointus au bout; l'autre extrémité est brasée sur un court manche cylindrique qui les tient en place, et est percée d'un trou pour recevoir le bout de la baguette de l'arme, lequel est taraudé. Cette description suffit pour faire comprendre qu'on peut porter le tire-bourre jusqu'au fond de l'arme, le faire entrer dans la bourre et l'en retirer, les filets des spires présentant leurs points en opposition. Cet outil prend le nom de *tire-balle*, quand les filets sont assez forts pour mordre dans les balles de plomb qui sont enfoncées dans le canon de l'arme, et pour les en arracher. Fr.

TIRE-LIGNE (*Arts de Calcul*), petit instrument très-usité des architectes et des dessinateurs de traits géométriques, qui sert à marquer sur le papier, et avec de l'encre, des lignes droites ou circulaires. Il est formé de deux lamelles d'acier parallèles; égales, minces par le bout et façonnées en pointe mousse. Les bouts opposés

de ces lames sont soudés à un petit manche en cuivre dont l'extrémité s'insère entre elles pour les maintenir à distance l'une de l'autre. Au milieu de la longueur les deux lames portent un trou taraudé où entre une petite vis dont l'effet est de pousser les lames l'une vers l'autre, en les forçant de céder par leur propre élasticité : en serrant cette vis on rapproche donc les deux pointes au degré qu'on veut. On insère entre elles une goutte d'encre, et en promenant les pointes sur le papier, elles y déposent un trait dont l'épaisseur dépend de l'écartement, et qui peut prendre une finesse extrême.

Il faut que les deux pointes des lames soient parfaitement égales et parallèles, que leur bord soit effilé sans couper le papier, que l'extrémité soit légèrement arrondie, etc. On amène l'acier à cet état avec une lime très-fine, et l'on achève ensuite sur la pierre à l'huile. Comme les faces des lames qui se regardent doivent être parfaitement planes, et qu'on ne peut commodément y faire passer la pierre, les bons tire-lignes ont l'une des deux lames montée à charnière sur le manche; de sorte qu'en ôtant la vis de pression, on peut écarter les lames autant qu'on le désire : ce qui permet de travailler avec soin la face intérieure, d'où dépend essentiellement les qualités de l'instrument.

Pour tirer une ligne droite avec cet outil, il suffit de le garnir d'encre, qui reste adhérente entre les lames par l'action capillaire, et d'en promener les pointes sur le papier le long d'une règle; faisant en sorte que les deux pointes posent ensemble, et que la main conserve le parallélisme des lames avec le bord de la règle. On a aussi des tire-lignes qui s'ajustent, avec une vis de pression, à l'une des branches d'un compas, de manière à pouvoir tracer des cercles. (*V.* Compas.) Toutes les caisses de compas sont pourvues de tire-lignes, tant pour décrire les lignes droites, que comme *pointes de rechange des compas.*

Le mot *tire* se place, dans le langage des Arts, devant un grand nombre d'autres termes, pour désigner des instrumens destinés à tirer des corps qui sont engagés dans d'autres. Les expressions de *tire-bouton, tire-balle, tire-clou, tire-dent* et autres se conçoivent aisément, et il n'est pas nécessaire d'y ajouter aucune explication; mais il est quelques autres termes de ce genre dont nous croyons devoir parler plus en détail, à cause de leurs usages.

Les *tire-bottes* sont des crochets en fer qui servent à tirer par le haut la tige d'une botte qu'on veut chausser, lorsqu'on a quelque peine à y introduire le pied. On donne aussi le nom de *tire-bottes* à une petite planche dont un bout est relevé et entaillé, de manière qu'en entrant le talon d'une botte dans l'entaille, et maintenant la planchette avec l'autre pied, on peut se débotter sans aide.

Le *tire-bouchon* est une petite tringle d'acier qu'on contourne en hélice, dont on arme un bout par un manche à anneau, et et qu'on amincit en pointe à l'autre bout : on trempe un peu cette espèce de vis à jour, pour lui donner de la dureté sans la rendre fragile. En introduisant cette vis dans le bouchon d'une bouteille, on peut, avec plus ou moins d'effort, faire sauter le bouchon. Souvent le manche est en bois, façonné en T, pour que la main le saisisse et le tire plus commodément. Quelquefois on y adapte aussi une petite brosse qui sert à enlever les débris de cire et de résine dont on enduit les bouchons des vins précieux, pour empêcher l'évaporation. Beaucoup de couteaux de poche ont un tire-bouchon au nombre des pièces qui les garnissent. On fait aussi des tire-bouchons qui ont la forme d'un simple poinçon, et qui parfois ont l'axe revêtu d'un filet de vis de largeur décroissante vers la pointe.

Le *tire-fond* du tonnelier est une tige de fer terminée en haut par un anneau, et en bas par une vis aiguë. L'ouvrier s'en sert pour tirer le fond d'une futaille dont les douves se sont enfoncées, après être sorties de la rainure du jable, afin de les forcer à y rentrer.

Le *tire-pied* de cordonnier, et des ouvriers qui travaillent le cuir, et le cousent avec l'alène, est une lanière de cuir sans fin, en forme de bricole, qui se passe sous le pied et sur la pièce de travail qu'on a mise sur le genou. Il sert à y tenir ferme cette pièce pendant que l'ouvrier la taille ou la coud. Fr.

TIREUR-FILEUR D'OR ET D'ARGENT. (*Technologie.*) L'ouvrier qui tire à la filière l'or ou l'argent pour les réduire en une espèce de fil qu'on nomme *or-trait* ou *argent-trait,* qu'il *écache* ensuite, comme on le verra plus bas, où nous en ferons connaître l'usage. Ce n'est en France qu'à Pa-

ris, à Lyon et à Bordeaux que se trouvent les tireurs-fileurs d'or et d'argent, parce que ce n'est que dans ces trois villes qu'il existe une *argue*, par laquelle il est indispensable que l'argent passe, comme nous allons l'indiquer.

La première opération consiste à réduire l'argent en lingot, et on le porte à l'Argue (*V.* ce mot), où nous avons décrit les premières opérations qui se pratiquent dans cet établissement national, formé non-seulement dans l'intérêt du fisc, mais encore pour la garantie de la pureté de la matière.

Nous avons indiqué à ce mot les opérations qui ont lieu à l'*argue;* nous allons prendre l'argent au moment où les employés le livrent au *tireur-fileur* pour achever ses manipulations dans son propre atelier.

Le lingot que le tireur a apporté à l'argue a été supposé peser 8 kilogrammes; nous avons vu qu'on l'avait coupé en deux pour la facilité de l'étirage, et lorsqu'il a été arrivé à une grosseur de 5 millimètres de diamètre et d'une longueur d'environ quarante mètres.

Avant d'aller plus avant dans la description que nous avons entreprise, il est bon de savoir que l'*or-trait* n'est autre chose que de l'argent doré que l'on tire à la filière et qui conserve la dorure, à quelque degré de finesse qu'on l'obtienne. Nous ne parlerons par conséquent que de l'*argent-trait*, attendu que les opérations sont les mêmes, et qu'il suffit d'indiquer comment le tireur dore son lingot.

Lorsque le lingot est arrivé à l'*argue* à la grosseur d'environ 2 centimètres de diamètre, on le porte chez le tireur pour qu'il le dore. Pour le disposer à recevoir la dorure, il le racle avec un couteau courbé, à deux poignées, jusqu'à ce qu'il ne paraisse plus à la surface ni soufflure, ni tache noire, ni autre défectuosité qui puisse s'opposer à la parfaite adhérence de l'or. Dans un brasier de charbon allumé et sans fumeron il place le lingot et le chauffe jusqu'au rouge-cerise, et lorsqu'il l'a retiré, il le fouette avec une longue frange de fil de chanvre roulée en paquet, afin de le débarrasser des cendres qu'il peut avoir retenues du brasier, et ensuite il le lisse avec un brunissoir d'acier jusqu'à ce qu'il ait abattu toutes les petites raies longitudinales du raclage.

Pendant que le lingot est encore très-chaud, le tireur applique dessus et à diverses reprises la quantité de feuilles d'or nécessaire pour le degré de dorure qu'il veut lui donner. Sur un lingot du poids de 25 kilogrammes on n'emploie pas plus d'un demi-kilogramme pour le dorer.

Au fur et à mesure qu'on applique une feuille d'or, on l'assure en la frottant fortement sur toute son étendue avec un brunissoir d'agate bien poli; on en applique une seconde, en opérant de la même manière et jusqu'à ving-huit pour les *ors les plus bas dorés* : les *ors les plus hauts* ne dépassent jamais cinquante-cinq feuilles. L'ouvrier doit avoir le plus grand soin de dorer d'une manière bien égale, et de ne pas mettre plus d'épaisseur d'un côté que de l'autre; sans cette précaution, la filière enlèverait ces inégalités, qui causeraient du déchet. Les feuilles d'or qu'on emploie sont fournies par le Batteur d'or.

Le lingot doré exige beaucoup plus de soin pour le tirer à la filière que l'argent non doré. Les trous des filières doivent être extrêmement polis; car s'il s'en trouvait quelqu'un qui grattât le fil, l'or serait enlevé, la partie grattée blanchirait, et l'argent serait à découvert sur toute la longueur; ce défaut serait irréparable.

Le fileur d'or, après le travail de l'*argue*, fait passer le lingot par les trous de trois différentes sortes de filières, dont la première se nomme *ras*, la seconde *préguton*, et la dernière, la plus fine de toutes, porte le nom de *fer à tirer.* Il se sert d'un établi solide et scellé fortement contre le mur, qui porte le nom de *banc à tirer*. Cet établi ressemble assez à un banc de menuisier : il a environ 3 mètres de long; vers un de ses bouts est placé un cylindre en bois dur dont les tourillons très-forts roulent dans deux pièces de bois verticalement placées et solidement fixées par de fortes vis sur l'établi. Un de ces tourillons sort en dehors de l'établi, et porte à carré une grande roue sans jantes dont les rayons, au nombre de six ou huit, servent de levier pour faire passer le fil à travers les trous de la filière. Sur cet arbre ou cylindre en bois, on fixe le bout d'une bande de cuir fort, qui porte par son autre bout un fort anneau en fer qui embrasse les crochets d'une tenaille semblable à celle de l'argue, et tire le fil par les trous.

Cet instrument est bon quand on n'a qu'à tirer des fils qui n'ont pas plus de longueur que le banc; mais il ne suffirait pas aux tireurs-fileurs. Voici l'instrument dont ils se

servent, et qu'ils nomment *moulin à tirer*.

Sur une très-forte table de 2 mètres de long sur 1 mètre de large, dont les deux pieds d'une des extrémités étroites s'élèvent d'un tiers de mètre au-dessus de la surface de la table, et sont soutenus par des jambes de force. Les extrémités de ces parties saillantes sont bifurquées, afin de recevoir dans ces entailles et sur des coussinets placés au fond, les deux tourillons d'un arbre en fer qui portent carrément en dehors chacun une manivelle aussi en fer de 3 décimètres de rayon. Le même arbre porte carrément un tambour en bois, en forme de bobine, nommé *tambour à tirer*, sur lequel est fixé le bout du fil que l'on veut étirer plus fin. Sur l'autre bout de la table est placé verticalement sur un petit arbre fixé sur la table, un autre tambour semblable au premier, recouvert d'un pont en fer fixé sur la table par quatre vis, et sous lequel la seconde bobine peut tourner librement. Cette seconde bobine prend le nom de *tambour à dévider*.

Vers le milieu de la table sont placés fixement par des vis deux crampons en fer sous lesquels on place les filières, en face des deux tambours et au milieu de leurs distances.

Tout étant ainsi disposé, on accroche le fil sur le *tambour à tirer*, après l'avoir fait passer dans le trou de la filière. Le tambour à dévider étant à sa place et portant le fil qu'on veut tirer plus fin, deux hommes font tourner les manivelles lorsque le fil est gros, et dévident sur ce tambour le fil au fur et à mesure qu'il passe à travers la filière en sortant de dessus l'autre tambour, qui prend la place du premier lorsqu'il est vide, et ainsi de suite.

Les filières sont, comme nous l'avons déjà dit, construites en acier fondu, et les trous parfaitement ronds et polis, allant toujours en diminuant de grosseur d'une quantité insensible. Cela était rigoureusement vrai il y a quelques années, mais depuis on a porté dans cette partie de l'art des perfectionnemens dont nous allons rendre compte.

La première série de filières par laquelle on passe d'abord le fil, et qu'on nomme *ras*, est totalement en acier : on fait passer le fil par vingt-cinq trous successifs, en le frottant toujours avec de la cire neuve qui aide le fil à passer avec plus de facilité. On nomme cette manipulation *dégrossi du trait*. Le fil est alors réduit à 3 millimètres de grosseur.

La seconde série de filière, nommée *prégaton*, est tout en acier fondu comme le *ras* : le fil y passe dans vingt-cinq trous successifs, et se trouve réduit à la grosseur d'une moyenne épingle. C'est alors que le fil prend le nom de *trait*, et est livré en cet état à des femmes qui achèvent le tirage dans les différens trous des filières qui portent le nom de *fer à tirer*, d'où il sort enfin plus délié qu'un cheveu.

Ces dernières filières sont presque toutes en acier fondu comme les précédentes; elles sont en grand nombre (20 à 30), dont les deux dernières portent des trous pratiqués dans des rubis montés dans des chapes, de la même manière qu'on le pratique dans l'horlogerie pour recevoir les pivots des montres. Après avoir fait ces trous dans la filière un peu plus gros qu'ils ne doivent être, on fait la place de la monture de rubis avec une fraise et on la fixe avec de la gomme-laque, de la même manière qu'on la fixe pour les trous des pivots de l'horlogerie.

Ces trous pratiqués dans les rubis sont parfaitement polis et ébiselés du côté de l'entrée. On se sert toujours de cire neuve pour faciliter le tirage. C'est seulement pour les derniers trous qu'on emploie les rubis percés.

Le trait d'argent ne passe que par cent trente-cinq trous des différentes filières pour arriver à sa plus grande finesse; mais il faut passer le trait doré par cent quarante-cinq à cent cinquante trous pour l'avoir à la même finesse, à cause des précautions qu'on doit prendre pour ménager la dorure.

M. Hallot, célèbre académicien, ayant suivi à Lyon toutes les opérations du tireur-fileur, a observé qu'un lingot de 17 marcs produisit un trait d'argent de 1,096,704 pieds, c'est-à-dire une longueur de 73 lieues.

Le trait d'argent ou le trait d'or ne pourrait pas servir ainsi pour être filé, c'est-à-dire pour couvrir des petits brins de soie et en former un fil susceptible d'être tissé, travaillé avec l'aiguille ou la navette, dans l'état où nous l'avons laissé : rond, cylindrique, il emploierait trop de matière, le fil serait trop gros et ne serait pas assez flexible. Pour remédier à tous ces inconvéniens il faut l'aplatir, ce que les ouvriers appellent *écacher*.

Ce sont les femmes qui ordinairement *écachent* le *trait* en le faisant passer entre les deux cylindres d'un petit laminoir dont

les cylindres sont en acier trempé, et parfaitement polis. Ils sont rapprochés aussi près qu'il est nécessaire, et le dévident au fur et à mesure sur de petites bobines.

Le *trait écaché* est ensuite filé sur de la soie blanche pour le *trait d'argent*, et sur de la soie jaune pour le *trait d'or*, de la même manière qu'on file les grosses cordes de guitare; les fils sont seulement beaucoup plus petits, et cette manipulation se fait par des machines qui en filent seize à la fois.

Le *trait d'or* ou *d'argent faux* se pratique de la même manière que le *trait fin*; la seule différence consiste en ce qu'au lieu de lingot d'argent, on prend un lingot de cuivre rouge de rosette qu'on argente ou qu'on dore, et qu'on passe ensuite dans tous les trous des filières, comme nous l'avons décrit pour l'argent fin. Pour l'or faux, on dore sur l'argent dont on a recouvert le lingot de cuivre.

L'or et l'argent traits en faux s'écachent et se filent de la même manière que l'or et l'argent fins; seulement on les file sur le chanvre ou sur le lin, afin que l'acheteur ne puisse pas être trompé. L'or et l'argent soit traits, soit filés, nous sont fournis, pour la plus grande partie, par l'Allemagne, et particulièrement par Nuremberg.

TISANE. On nomme ainsi des préparations liquides destinées à la boisson habituelle des malades. Elles ne tiennent en solution qu'une très-petite quantité de substances destinées à préparer le malade à l'action de médicamens plus actifs.

Les tisanes données avant l'emploi de divers médicamens, le sont encore pendant l'administration même de ces médicamens, mais à des époques différentes de la journée; alors elles sont là comme auxiliaires. Ces boissons devant être continuées assez long-temps, on les prend le moins désagréables possible, en les obtenant claires et peu chargées. On peut encore corriger leur amertume, leur odeur ou leur insipidité par des matières sucrées et par des aromates. On les clarifie en les faisant passer, sans expression, au travers d'une étamine ou d'un linge serré, puis on les décante; il est mieux encore de les filtrer. Dans les hôpitaux, où l'on prépare d'énormes quantités de tisanes, il est convenable de décanter ces préparations, le plus ordinairement filtrées sur un tamis de crin qui ne retient que la partie la plus grossière de la substance épuisée, et qui laisse passer une très-grande quantité de particules tenues, d'abord en suspension pendant quelque temps, puis formant enfin un dépôt considérable. Si l'on n'avait pas le soin de séparer ce dépôt, on obtiendrait une liqueur trouble. Nous avons dit que, pour donner aux tisanes une saveur plus agréable et une odeur moins repoussante, on les édulcore avec des matières sucrées, le sucre, le miel, la réglisse, les sirops divers, et qu'on les aromatise suivant le goût du malade ou la prescription du médecin; la dose de réglisse à ajouter est à peu près constante : deux gros de ce produit suffisent pour édulcorer une pinte de tisane. Avant de l'employer on la prive de l'épiderme gris et âcre qui la recouvre, on l'effile et on la concasse ensuite. On doit aussi avoir soin de ne pas la faire bouillir : à cette température elle cède à l'eau un principe âcre irritant; lorqu'on agit par décoction avec les autres substances, on ne l'ajoute que lorsque la décoction est préparée.

Le mode de manipulation à mettre en usage pour la préparation des tisanes dépend de la nature de la texture des substances qui doivent y entrer, de la saison dans laquelle on se trouve et du temps pendant lequel on veut les conserver. Ces manipulations doivent être assujetties aux règles générales suivantes : 1° on fait bouillir, ou mieux chauffer de 95 à 100 degrés, sans ébullition, les substances vertes et inodores, telles que les racines de bardane, de chiendent, les feuilles de chicorée, de bourrache, la laitue, etc. : il en est de même des substances dures, l'orge, le riz, le gruau, etc.; 2° il faut soumettre à l'infusion les fleurs sèches et toutes les plantes aromatiques; 3° pour obtenir une tisane contenant les principes extractifs et odorans des substances qui servent à sa préparation, on doit avoir recours à l'infusion, puis à la décoction; 4° lorsque les substances employées sont de nature à céder leurs principes à l'eau froide, comme la guimauve, la rhubarbe, il faut employer la macération à froid; 5° on doit les tenir dans des vases propres et lavés souvent; 6° ne pas se servir de pots de terre non vernisés, qu'il est difficile de nettoyer, et qui conservent l'odeur des substances aromatiques, ou acquièrent une odeur fétide, si les tisanes y ont été abandonnées et ont fermenté; 7° ne pas se servir de pots de grès pour les bouillons :

ces pots retiennent dans leurs pores de la matière grasse qui se rancit par la suite. On a remarqué, 1° que les tisanes s'altèrent plus promptement en été qu'en hiver; 2° que, obtenues par décoction, elles s'altèrent plus facilement que celles préparées par macération, etc. Il conviendrait donc, surtout dans les hôpitaux, que les tisanes, qui se préparent en très-grande quantité, fussent toujours le résultat de la macération ou de l'infusion.

Les tisanes sont divisées, d'après le mode de leur préparation, en tisanes par macération, par infusion, par décoction, par infusion et décoction.

Nous nous bornerons à en décrire quelques-unes. (*Voyez*, pour plus de détails, le Dictionnaire des Drogues de MM. Chevallier, Guillemain et Richard.)

Tisane apéritive (par infusion et décoction). Racine de petit houx, d'asperge, de persil, d'ache, de fenouil; de chaque 8 gram. (2 gros); eau commune, 1125 gram. (2 livres 4 onces). On soumet la racine de petit houx à la décoction; au bout de dix minutes on ajoute la racine d'asperge, on soutient la température de 95 à 100 degrés pendant un quart d'heure; on verse ensuite le *decoctum* bouillant sur les racines odorantes, concassées et placées dans un bain-marie d'étain; on couvre le vase, et après trois heures d'infusion, on passe, on filtre, ou bien on laisse déposer et l'on décante.

Tisane d'aunée. On la prépare par infusion ainsi que les tisanes de *feuilles de chicorée*, de *feuilles de bourrache*, de *buglosse*, de *chamædris*.

Tisane de camomille. Fleurs de camomille mondées, 8 grammes (2 gros); eau commune, 1000 gram. (2 livres). On verse l'eau chauffée à 100 degrés, on laisse infuser pendant un quart d'heure; on passe, on ajoute à la colature, du sirop ou toute autre matière sucrée, quantité suffisante. On prépare de la même manière les tisanes de *fleurs béchiques*, de *fleurs de sureau*, de *tilleul*, etc.

Tisane de capillaire. Capillaire du Canada mondé, 8 gram. (2 gros); eau bouillante, 1000 grammes (2 livres). On fait infuser pendant une heure, on filtre, et l'on édulcore convenablement. On prépare de la même manière les tisanes de *capillaire de Montpellier*, de *doradille* ou *cétérach*, de *feuilles d'oranger*, d'*uva ursi*, de *fleurs de mauve*, etc.

Tisane de chiendent. Racine de chiendent choisie, mondée et privée des petites fibrilles, 32 grammes (1 once). On fait bouillir pendant quelques minutes dans 125 grammes (4 onces) d'eau, on jette cette première eau, puis on lave la racine, et l'on chauffe une deuxième fois à 100 degrés la racine contusée, avec eau commune, 1250 grammes (2 livres 8 onces). On fait évaporer à l'ébullition jusqu'à ce qu'il n'y ait plus que 2 livres de liquide; on ajoute sur la fin, réglisse privée de son épiderme et contusée 8 grammes (2 gros), et lorsque le *decoctum* est froid, on le passe, on filtre ou bien on laisse déposer, et l'on décante.

Tisane de gruau. Gruau d'avoine, 16 grammes (4 gros); eau, 1128 grammes (2 livres 4 onces); on lave d'abord le gruau avec une partie de l'eau, 123 gram. (4 onces); on jette l'eau de lavage, on met le gruau lavé avec le reste de l'eau, on porte à l'ébullition, et l'on continue de soutenir à cette température jusqu'à ce que le gruau soit *cuit;* on passe à travers une étamine, on édulcore ensuite avec un sirop approprié.

Tisane de lichen (par décoction). Lichen d'Islande mondé, 16 grammes (4 gros); on lave le lichen à plusieurs reprises, rejetant les eaux du lavage; le lichen est ensuite jeté dans de l'eau bouillante; après quelques minutes d'ébullition, on le retire de l'eau, on exprime fortement; on rejette encore cette eau de lavage, et l'on met le lichen dans 1000 grammes (2 livres) d'eau; on maintient à 100 degrés jusqu'à ce que le lichen soit bien *cuit.* On passe au travers d'un linge, et l'on édulcore avec du sucre ou du sirop.

P.

TISSERAND. (*Technologie.*) Les ouvriers dont les manipulations sont réunies pour la fabrication des étoffes, de quelqae nature que ce soit la matière première qu'ils emploient, prennent généralement le nom de *tisserands*, c'est-à-dire fabricans de tissus. Outre le tissage, le tisserand est encore chargé assez souvent d'ourdir la pièce (*V.* OURDISSAGE); d'encoller la chaîne et de la monter sur le métier; de former les bobines ou *cannettes* qui doivent servir à la trame et qu'on place dans la navette.

Il y a autant de tissus différens, non-seulement selon la nature de la matière première dont ils sont formés, mais encore par le nombre de marches qu'on emploie, par la manière dont ont les combine entre elles, et par les formes particulères des dessins que

l'on répand sur leurs surfaces. Dans les étoffes appelées unies, telles que les toiles ordinaires, il n'y a que deux marches, que le tisserand fait mouvoir alternativement avec le pied ; il ouvre par ce moyen les fils de la chaîne en deux parties égales dans toute sa largeur, en soulevant par l'une tous les fils impairs et par l'autre tous les fils pairs. Après chaque impulsion du pied, il lance la NAVETTE (*Voy.* ce mot), et par ce moyen il passe la *trame,* c'est-à-dire un fil de la même nature que celui de la chaîne, et le fixe à côté des précédens en laissant tomber sur lui la chaîne qui porte le ROS ou PEIGNE.

Lorsque les étoffes sont larges, comme les draps, on était dans l'usage de placer deux tisserands à chaque métier, qui se renvoyaient la *navette* de l'un à l'autre et qui frappaient simultanément avec le battant, la *duite* ou le fil qu'ils venaient de passer. Depuis l'invention de la *navette volante* on n'en emploie plus qu'un, quelle que soit la largeur de l'étoffe. Voici, en général, comment le tisserand opère : notre cadre ne nous permet pas d'entrer dans de plus grands détails, que le lecteur intéressé à les connaître, trouvera répandus dans les deux premiers volumes de l'Encyclopédie méthodique, division des *Manufactures, Arts et Métiers,* par Roland de la Platière. Ce savant y a décrit avec beaucoup de soin la manière de fabriquer toutes sortes d'étoffes, et ses descriptions sont toutes accompagnées d'une grande quantité de planches gravées en taille douce. Nous nous bornerons ici à faire connaître les soins à prendre, et les fautes à éviter par le tisserand, pendant son travail, afin de rendre les étoffes d'une aussi parfaite exécution qu'il lui est possible. Dans ces observations, nous prendrons pour guide le savant auteur que nous venons de citer.

1o. *Régler l'ouvrage.* Lorsqu'il y a un demi-pouce d'étoffe de fait, c'est-à-dire qu'on rétablit chaque fil dans sa direction, dans sa croisure avec ceux qui sont à ses côtés; on raccommode ceux qui se sont cassés, on retend ceux qui se sont lâchés, on en remet où il s'en est perdu, on attache ceux-ci sur l'ensouple et l'on suspend à chacun un poids afin de les tendre.

2o. *Entre-bandes.* Après avoir tissé environ un pouce d'étoffe qui en fait distinguer la qualité, et qu'on est content de la *frappe,* c'est-à-dire que le tissu n'est ni trop, ni trop peu serré, on place les entre-bandes ; ce sont deux ou trois duites de fils d'une couleur différente de celles du fond de la pièce. On tisse environ trois pouces de l'étoffe, et à cette distance on place une autre entre-bande. On fait ces entre-bandes au commencement et à la fin de la pièce, elles servent à la marquer de son numéro, du nom et de l'adresse du fabricant, et à fournir des échantillons au consommateur. Il faut donc que le tisserand s'attache à les former de la même manière que le restant de la pièce, afin que l'acheteur ne soit pas trompé.

3o. *Placer le temple.* On appelle *temple* deux règles de bois dur d'environ 2 à 3 pouces de large, et de 6 à 10 lignes d'épaisseur, selon leur longueur, qui varie comme la largeur de l'étoffe. Ces deux règles sont entaillées à peu près au tiers de la largeur de chaque règle, sur une longueur égale au quart de leur longueur totale, et elles sont taillées dans leur intérieur en dents inclinées, de manière qu'elles puissent engréner entre elles. Ces dents servent par leur engrenage à allonger la règle entière d'une quantité plus ou moins grande, selon le besoin. Le bout de chaque règle opposé à celui où sont les dents est garni de petites pointes courtes et assez aiguës pour entrer facilement dans les deux lisières, afin de conserver une largeur égale et constante pendant le travail. Lorsque la longueur du temple est fixée, on arrête d'une manière quelconque les deux règles qui le composent, afin que sa longueur ne puisse pas varier.

Lorsque l'ouvrier a fait une quantité suffisante d'ouvrage pour contenir le temple, il le place, en l'arrêtant sur les derniers fils des deux lisières, et ensuite de 2 à 3 pouces en 2 à 3 pouces de longueur de la chaîne ou d'étoffe fabriquée, qu'il doit constamment maintenir dans sa largeur. Pour cela il lève le temple et le replace en avant, vers les dernières duites lancées, et il enroule l'étoffe sur l'ensouple de la même quantité dont il a porté le temple en avant.

L'étoffe la meilleure et la plus régulièrement fabriquée est celle qu'on *travaille près,* en terme d'atelier, c'est-à-dire où l'on change le temple chaque fois que l'ouvrier est obligé de mettre une nouvelle bobine ou cannette dans la navette pour remplacer celle qui s'est épuisée.

4o. Les étoffes de laine, de chanvre, de lin et de coton se tissent assez souvent à

trame mouillée; le tisserand doit faire attention et savoir que l'eau la plus pure est la meilleure, et que celle qui est chargée de parties salines rend la trame trop dure et cassante. Il doit par conséquent employer l'eau de pluie de préférence à toute autre. L'addition de quelque substance dans l'eau ne pourrait être utile que lorsqu'elle serait mucilagineuse, telle que la racine de guimauve, que l'on pourrait y faire infuser. Il est plus utile de renouveler souvent l'eau.

Le temps de l'immersion des cannettes dans l'eau varie selon diverses circonstances : lorsque l'air est humide, la colle dont la chaîne est imprégnée se ramollit, les fils se gonflent, se raccourcissent et cassent. Si l'on emploie une trame très-mouillée on augmente tous les inconvéniens. Il en est de même si la chaîne n'a pas été suffisamment collée. Il faut dans ces deux cas employer la trame moins mouillée.

5°. La manière de lancer la navette n'est pas indifférente ; l'ouvrier doit la tenir par la moitié de sa longueur, le pouce en dessus, l'index à la pointe et les trois autres doigts par-dessous. Il doit la lancer bien horizontalement, afin que la pointe qui va en avant n'ouvre la chaîne ni en-dessus ni en-dessous, et qu'elle se dirige le plus près possible du temple, afin que cette même pointe n'aille pas endommager les dents du peigne ou ros. Il doit la chasser ferme, afin qu'elle sorte au-delà de la lisière opposée, qu'elle ne casse aucun fil en passant, que la trame ne crêpe, n'ondule pas dans la chaîne, mais qu'elle y soit autant et aussi également étendue qu'elle peut l'être, en évitant soigneusement et les lacunes ou défauts de prolongement de l'une à l'autre des portées de toute duite qui s'achève ou se rompt, et le doublement de ces mêmes filets de trame qui, dans l'un et l'autre cas, doivent être placés exactement bout à bout.

6°. L'ouvrier doit éviter surtout les doubles duites, car elles présentent de très-graves inconvéniens dans la draperie. Si à l'épinçage on n'enlève pas l'un des deux fils, il se formera au feutrage une côte qu'aucun apprêt ne pourra effacer ; si après on veut tirer ce fil, indépendamment du déchet, il se formera un vide, et l'on peut rompre quelques fils de la chaîne, ce qui n'arrive guère sans former des trous.

7°. La chaîne ne doit être ni trop ni trop peu tendue ; trop tendue, elle augmente la peine du tisserand pour faire aller les marches et fait casser un plus grand nombre de fils ; trop lâche, les inconvéniens sont plus grands et plus multipliés ; il se consomme beaucoup plus de trame qu'il n'en faut, elle fait le *genou* entre les fils de la chaîne, bourre en partie et se perd aux apprêts ; elle fait également faire le genou aux fils de la chaîne, elle raccourcit d'autant l'étoffe, et l'on n'obtient qu'un tissu lâche et mou.

8°. C'est un grand inconvénient d'incliner le peigne ; il doit être dans une position verticale et doit chasser horizontalement la duite ; sans cela on ne peut avoir qu'une mauvaise étoffe.

9°. De tous les inconvéniens, le plus grand consiste à ne pas raccommoder les fils au fur et à mesure qu'ils cassent. Ces fils s'oublient, l'étoffe se continue avec un moins grand nombre de fils de chaîne, elle se rétrécit, elle présente des irrégularités qui sautent aux yeux et qui la déprécient absolument. C'est bien pis encore si l'étoffe est en laine ; après le feutrage elle forme des poches nombreuses que les apprêts ne font pas disparaître.

Nous aurions une foule d'autres observations à faire ; mais notre cadre ne nous permet pas de nous étendre davantage ; Nous avons cité plusieurs négligences à éviter, des précautions à prendre ; il nous suffira de citer quelques défauts moins ordinaires que ceux dont nous avons parlé, pour que les tisserands jaloux de leur ouvrage se tiennent sur leur garde pour les éviter ; ces défauts sont : la *fourlançure* ou *lardure*, le *pas de chat*, la *rosée vide*, la *pas d'Angleterre* et le *pas d'araignée*. Les bons ouvriers sauront se prémunir contre ces accidens que les mots d'ateliers que nous venons de prononcer, et qu'ils connaissent bien, rappelleront à leur mémoire.

On trouve dans la collection du Bulletin de la Société d'Encouragement et dans celle des Brevets d'invention expirés, une foule de métiers à tisser par mécanique, de même que beaucoup d'inventions propres à perfectionner le tissage. Un grand nombre de ces inventions sont tombées dans le domaine public, et peuvent être exécutées sans aucune difficulté. Il serait fastidieux de les énumérer ici.

Les meilleurs métiers mécaniques à tisser sont, selon nous : 1° celui de M. Augustin Corrat, à Lyon, rue Basseville, n° 8 ; 2° celui de M. Debergue, à Paris, rue de l'Arbalète, n° 24 ; 3° celui de MM. Richer

frères et Dipon, à Paris, passage Saulnier, nº 6. L.

TOILE, TOILIER. (*Technologie.*) On est généralement dans l'usage de désigner sous le nom générique de *toile*, un tissu formé de fils de chanvre ou de lin, sur le métier du TISSERAND, à deux marches et à deux lisses. Le mot *toile* a plusieurs acceptions différentes dans les Arts industriels, mais il désigne toujours un tissu, de quelque substance qu'il soit composé; cependant on ajoute toujours au mot *toile* le nom de la matière dont elle est formée, excepté dans le cas où elle a reçu un nom particulier par l'usage. Ainsi l'on dit *toile de coton*, lorsqu'on parle généralement des toiles faites avec cette substance; mais lorsqu'on veut les désigner plus particulièrement, on dit *calicot*, *percale*, *basin*, etc. Ces noms suffisent pour faire connaître et la substance dont elles sont formées, et la qualité qu'elles affectent.

Les étoffes de *laine* sont généralement tissées comme les toiles, mais elles ne portent pas, généralement parlant, le nom de *toiles;* elles prennent celui de *draps*, lorsqu'elles sont tissées unies; on les nomme *casimirs*, *serges*, etc., lorsqu'elles sont croisées, et le nom seul indique leur mode de fabrication. Il en est de même des étoffes de soie, aucune ne porte le nom de *toile*; on les désigne par des noms qui sont affectés à chaque espèce d'étoffe, et qu'il serait trop long d'énumérer.

On nomme encore *toile métallique* un tissu fait, par le TISSERAND, sur un métier à deux marches et à deux lisses, comme la toile de chanvre, avec des fils métalliques soit de laiton, soit de fer; on en fait aussi en fils d'argent; on pourrait en faire avec de l'or, du platine, etc. (*V.* le mot TISSAGE, TISSERAND.) L'ouvrier qui ne fabrique que des toiles, porte le nom de *toilier*.

Les lecteurs qui auraient intérêt à connaître les meilleures fabriques de toiles de France consulteront avec fruit le Catalogue des Produits de l'industrie française admis aux expositions publiques, qu'on se procure partout. Ils y trouveront les noms et les adresses des meilleurs fabricans, dont l'admission aux expositions est déjà une garantie; mais ils liront dans les Rapports du Jury central, déposés dans toutes les préfectures et sous-préfectures, les récompenses accordées à ceux qui ont donné les meilleurs produits. L.

TOILES CIRÉES, TAFFETAS CIRÉS, TAPIS CIRÉS. C'est sous ces noms que l'on désigne vulgairement des tissus enduits de différentes matières dans la composition desquelles n'entre cependant pas la cire. Cette désignation n'est réellement applicable qu'aux toiles destinées à contenir les duvets qui forment les oreillers; ces fourreaux de toile sont intérieurement enduits d'un mélange à parties égales de suif et de cire.

Dans cette classe de produits doivent être rangés tous les tissus rendus imperméables par l'addition d'une substance non-hygrométrique, soit que les tissus aient été imbibés de cette substance à l'état liquide, soit que l'on ait étendu celle-ci comme enduit à leur surface, soit enfin que cet enduit ait été renfermé entre deux tissus. Nous examinerons successivement ceux de ces produits qui sont destinés à servir comme *tapis de pied* et *de table*, *tapisseries*, *cartes géographiques*, *paravens*, *toiles imperméables* pour emballage et contre la pluie, *toiles* et *taffetas enduits*, *stores* pour les croisées, *tissus hygiéniques*, *mesure de longueur* inaltérables par l'humidité ordinaire de l'air atmosphérique, *rubans* et *cordes de jalousie*, *sacs à raisin*, *matelas* et *coussins élastiques*, *ustensiles de chirurgie*, etc. Nous y joindrons les tissus élastiques au caoutchouc.

1º. FABRICATION DES TAPIS DE PIED, DE TABLE, ET DES TAPISSERIES. On doit rechercher pour cette fabrication les toiles formées de fils égaux en grosseur, de manière à présenter partout une épaisseur égale. On donne à ces toiles un encollage destiné à boucher les interstices du tissu et à former une première couche. Pour les tapis de pied on emploie de la colle de pâte mêlée avec un peu de colle-forte; pour les tapis de table on substitue à cette dernière substance le mucilage obtenu en faisant bouillir la graine de lin dans de l'eau. La graine dont on a extrait une première fois du mucilage peut être soumise à une seconde décoction; le prix assez élevé de cette graine ne permet pas de dédaigner l'économie qui en résulte. Ces toiles encollées sont tendues sur des châssis; on y étale ensuite avec de larges couteaux une seconde couche formée d'huile de lin rendue siccative par la litharge. Quand cet enduit a séché, on le ponce, puis on remet une nouvelle couche, et ainsi de suite, de manière à ce que le tapis acquière, sous une épaisseur suffisante, l'ap-

parence et la souplesse d'un cuir uni. Il faut ordinairement 7 couches d'enduit, savoir, 4 à l'endroit et 3 à l'envers. La dessiccation de chaque couche exige 4 jours environ dans l'été, ce qui représente 1 mois pour l'achèvement de cette seconde opération. Le séchage s'opère à découvert, ou sous des hangars dans les momens de pluie. Les tapis sont suspendus verticalement pendant le séchage, afin d'éviter que le poids de la masse ne les fasse courber, et qu'une pluie accidentelle, dans le cas où l'on sèche à découvert, ne s'amasse sur la toile horizontale, et ne la fasse *goder*.

Le séchage à chaud, dans des lieux fermés, n'a pas produit de bons résultats : une étuve à courant d'air réussirait probablement.

Les tapis de grandes dimensions sont hissés avec leurs cadres, au moyen de cordages qui passent sur des poulies fixées à une hauteur convenable. L'étendage de l'enduit et le ponçage s'opèrent en plaçant le tapis horizontalement; et lorsque sa trop grande largeur empêche les ouvriers d'atteindre toute la surface du tapis en tournant à l'entour, ils montent sur des madriers suspendus au-dessus du tapis, et de là continuent leur travail.

La troisième opération consiste dans l'application des couleurs destinées à orner la surface du tapis qui sera exposée aux regards. Ces couleurs s'impriment ordinairement au moyen de *formes* ou de planches qui sont en bois, ou en bois garni de cuivre, ou totalement en cuivre. Les bordures, les dessins réguliers qui imitent les moquettes, les étoffes de laine, etc., s'obtiennent par ce procédé avec toute la netteté et la rapidité désirables. Si ces planches ont peu d'étendue, on les applique à la main sur le tapis; dans le cas contraire on se sert d'un levier. Le tapis est étendu sur une table longue recouverte de tissus dont l'élasticité favorise l'impression des couleurs. Au-dessus de cette table, parallèlement à sa longueur, s'étend un madrier supporté par des montans et qui sert de point d'appui au levier : entre celui-ci et la forme, on place au besoin des tasseaux de différentes hauteurs. Lorsque le tapis est d'une grande largeur on supporte par des traverses la partie qui dépasse la table d'impression.

Les imitations de bois, de racines, se font avec la brosse et l'éponge; mais ici l'on substitue aux couleurs à l'huile, qui produiraient un mauvais effet t ne sèchent que lentement, des couleurs détrempées dans la bière, comme l'ont pratiqué les premiers les Anglais. Les bordures imprimées se placent après la détrempe : autant que possible, il faut n'appliquer ces couleurs d'ornement que sur des toiles enduites une année d'avance.

Les formes se nettoient avec de l'essence de térébenthine et ensuite avec de la solution de potasse. Enfin on étend sur le tapis une couche de vernis à la copale dans la préparation duquel on fait entrer de l'huile de lin et de copale aussi pures que possible. Pour les tapis de table surtout, on tiendra à ce que ce vernis soit blond et bien transparent. On revêt ordinairement la face inférieure des tapis de table d'une couche de laine colorée réduite en poudre, et saupoudrée à l'aide d'un tamis sur le tapis enduit de mordant. On avait dit, à l'époque où furent livrés à la consommation les premiers tapis de cette sorte, que la laine userait le vernis des meubles; mais l'expérience a prouvé le contraire. La durée moyenne du dessin des tapis de pied est de 10 années : cette durée est beaucoup plus grande quand on cire ces tapis au bout d'un certain temps comme on le fait pour les parquets. Au bout de ces 10 années le corps du tapis est encore solide, et il suffit de faire renouveler le dessin et le vernis pour doubler sa durée.

Les tapis de pied qui imitent la moquette et les étoffes rayées durent moins que ceux qui présentent des dessins à feuillages ou tout autre disposition qui exige une réapplication de couleurs les unes sur les autres. Les premiers sont sujets à cet inconvénient que la poussière se loge dans les cavités qui séparent les détails trop rapprochés des dessins, et dans ce cas le nettoyage du tapis ne peut se faire qu'à la brosse, qui use assez promptement ce dessin.

L'usage de ces sortes de tapis de pied et de table se répand de plus en plus : comme ils peuvent être lavés, et ne retiennent pas l'humidité, les premiers permettent d'entretenir sur les escaliers et les planchers une propreté hygiénique et agréable à l'œil. Les Anglais ont les premiers exploité en grand la fabrication des tapis enduits et vernis. Cette industrie était tombée depuis longtemps en France, lorsque M. Chenavard alla la redemander à l'Angleterre pour la réimporter chez nous en 1815. Ses efforts furent

alors récompensés par une médaille que lui a décernée, en 1815, la Société d'Encouragement. M. Chenavard eut pour successeurs MM. Atramblé et Briot, qui sont aujourd'hui les principaux fabricans de ces tapis de grandes dimensions. Tous les jours ils en livrent à la consommation, qui servent à couvrir les planchers des plus grands salons. Les tapis de petites dimensions, pour mettre sous les carafes, les verrres, etc., sont préparés dans plusieurs autres fabriques moins considérables.

On peut estimer à 400,000 fr. environ l'importance de la fabrication annuelle des grands tapis en France.

Les différens pays classés dans l'ordre de la production et de la consommation des tapis vernis sont : pour la *production :* L'Angleterre, la France, les Etats-Unis, la Hollande, l'Allemagne, la Belgique, l'Espagne; et relativement à la *consommation :* L'Angleterre, les États-Unis, la Hollande, le nord de l'Allemagne, la France, la Belgique et l'Espagne.

Dans la Hollande et le nord de l'Allemagne, on ne fabrique que des tapis de petites dimensions, de la largeur d'une *aune* au plus, comme ceux que l'on place sur les escaliers et les passages. La Belgique produit peu en ce genre, et l'Espagne ne fait que des toiles communes; à Boston, aux États-Unis, on commence à produire des tapis d'un grand modèle; les tapis français sont préférés à ceux de l'Angleterre, pour l'élégance et la variété des dessins. Cette industrie est appelée à prendre un grand essor. Les pays chauds consomment très-peu de ces produits, et cependant la fraicheur des tapis vernis, la facilité de les laver, les rendraient fort utiles dans ces contrées. On commence à sentir en France toute leur importance. Dans la seule ville de Manchester, cette fabrication est exploitée en grand par dix-sept manufacturiers.

2°. Tentures. Les tentures se préparent comme les tapis. Il a été constaté que pendant 4 ans elles se sont conservées sans altération, même quand elles servaient à masquer des murs salpêtrés et très-humides, et il est à présumer que leur durée est incalculable, car les dessins n'étant pas exposés au frottement, ne s'usent jamais. Ces tentures peuvent perdre leur fraîcheur lorsque le temps aura détruit le brillant du vernis; mais en les revernissant on leur rendra leur éclat primitif. Leur usage peut être comparé à celui des tapisseries en cuir dont on faisait usage au quinzième siècle.

3°. Cartes géographiques. Des dessins de cartes géographiques ont été appliquées dans ces derniers temps à des toiles imperméables sur lesquelles on peut écrire avec de la craie, comme sur les tableaux peints qui servent aux démonstrations publiques.

Ces toiles reçoivent un encollage sur une de leurs faces seulement, puis on étend sur cette première couche un enduit semblable à celui qu'on emploie dans la fabrication des tapis de table; et lorsque les traits ou linéamens de la carte ont été imprimés au moyen de planches en cuivre, par le procédé ordinaire de la gravure en taille-douce, on recouvre le tout d'une couche de vernis. La fabrication de ces cartes nécessite plus de soin que celle des tapis de table et de pied. L'impression en taille-douce exige, en effet, que la toile enduite soit poncée avec soin, de manière à offrir partout une égale épaisseur; il faut aussi qu'elle ait beaucoup de souplesse et d'élasticité.

Les cartes de cette espèce sont *muettes,* c'est-à-dire ne contiennent que le tracé des divisions naturelles et politiques du globe. Les élèves écrivent eux-mêmes les noms avec la craie, qu'on enlève ensuite à l'aide d'une éponge humectée. M. Michelot, ancien élève de l'École Polytechnique, a depuis peu livré au commerce des cartes géographiques imperméables qui se recommandent par leur belle exécution et leur bon marché, et qui ont reçu l'approbation de l'institut et de l'université. MM. Atramblé et Briot sont chargés de la fabrication de cette sorte de cartes.

Toiles imperméables pour baches, tentes, hangards, etc. Ces toiles imperméables sont ordinairement préparées avec un enduit formé d'huile de lin rendue siccative au moyen de la litharge, et dans laquelle on a délayé un peu de bitume épuré. (V. Mastic de bitume.) Ces sortes de tissus, impénétrables à l'eau, sont applicables à une foule d'usages économiques, et servent notamment pour former très-vite des abris contre les eaux pluviales.

Si dans le commerce on en rencontre de très-défectueuses, cela provient ordinairement de ce que les fabricans, dans un but d'économie, emploient un encollage trop fort, afin que la toile absorbe moins d'enduit à l'huile de lin.

L'administration des Poudres et Salpêtres

a essayé l'usage de sacs en toile imperméable pour contenir la poudre dans les transports.

On sait que la poudre de munition est ordinairement renfermée dans un baril qui lui-même est emballé dans un autre. Le baril intérieur une fois entamé laissait toujours fuir un assez grand nombre de grains ; il fut remplacé en 1829 par un sac de toile imperméable, à la suite d'essais de transport sur des batteries volantes qui avaient parcouru une grande partie de la France. Les résultats de ces expériences ayant été jugés très-satisfaisans, le ministère a définitivement adopté l'emploi de ces sacs. Les toiles d'essai avaient été fabriquées par la maison Atramblé et Briot, qui demeure actuellement chargée de cette fourniture.

Stores et écrans transparens. La fabrication des stores pour les appartemens commence à prendre faveur en France et à l'étranger. Tout semble indiquer que cette industrie recevra de grands développemens, et jusqu'ici la France a conservé la prééminence dans ce genre de travail, comme dans tous les produits industriels qui réclament l'alliance des Beaux-Arts et notamment celle du dessin.

La fabrique de Jouy avait fait des stores sur coton, il y a déjà quelques années, avec peu de succès ; l'Angleterre en avait aussi fabriqué; mais aujourd'hui les produits étrangers sont bien au-dessous des nôtres.

Les dessins dont on décore les stores sont ou imprimés ou faits à la main. Les stores anglais sont imprimés en noir seulement, et quant à ceux qui sont ornés de peinture à la main, ils offrent moins de pureté, d'élégance dans les formes, et moins de richesse que les nôtres. Cette fabrication doit aux travaux de MM. Atramblé et Briot l'importance qu'elle a graduellement acquise. Ces habiles manufacturiers emploient non-seulement le coton et la gaze, mais encore la soie dans des dimensions qui étaient inusitées avant eux. Les premières étoffes de soie dont la largeur ait atteint 5 pieds ont été faites à Lyon pour leur manufacture, et la hauteur des stores qu'ils ont fourni pour les palais de France et de l'étranger a souvent dépassé 4 mètres.

La première préparation du tissu des stores consiste dans un léger encollage. Les dessins imprimés sont à l'huile, et s'appliquent avec des planches. Les stores ornés de peintures à la main sont ordinairement garnis de bordures imprimées. Le peintre place le tissu encollé entre la lumière et lui, de manière à juger par transparence de l'effet obtenu. Une des conditions importantes à remplir consiste à donner aux couleurs le plus de translucidité ou d'éclat possible, et notamment quand il s'agit d'imiter les fleurs, les insectes et le plumage de certains oiseaux. Il faut donc éviter, dans les matières colorantes, les substances opaques qui s'y trouvent fréquemment mélangées pour varier les tons dans les peintures ordinaires, et donner la préférence aux couleurs telles que l'outremer, la laque de première qualité, etc., qui s'altèrent peu au soleil. Enfin il convient de n'employer pour délayer les couleurs que des liquides bien diaphanes. Les stores sur gaze présentent cet avantage qu'on peut voir à travers leur épaisseur, du dedans de l'appartement, les objets placés au dehors.

Les stores sont employés non-seulement pour intercepter les rayons du soleil quand on les place devant une croisée, mais aussi pour préserver la figure de la lumière et de la chaleur rayonnante émanées des cheminées. Ils reçoivent alors le nom d'*écrans*. On les fait descendre du haut de la table de la cheminée, et on les abaisse ou on les relève à volonté au moyen d'un cylindre à manivelle sur lequel ils sont enroulés dans l'intérieur d'une sorte d'étui demi-cylindrique qui est plombé en dessous, afin que son poids le rende assez stable.

Les stores qui garnissent les fenêtres sont également enroulés sur des cylindres auxquels on donne un mouvement de rotation au moyen de cordons ou de fils métalliques qui passent sur des poulies de renvoi. Ils forment un des plus jolis objets de décor, et reposent la vue par la prédominance des parties vertes, dans les paysages ordinairement choisis. Il est à présumer que l'usage des stores de fenêtre se répandra rapidement, surtout dans les villes où, comme à Londres, la fumée du charbon de terre noircit en peu de temps les rideaux des croisées. On en remarque déjà un grand nombre dans les cafés les plus élégans de Paris. Le comité des arts chimiques de la Société d'Encouragement ayant examiné les stores fabriqués par MM. Atramblé et Briot, et qui avaient été exposés à l'action du soleil et quelquefois de l'humidité pendant plusieurs années, a reconnu que les couleurs avaient bien conservé leur élat. (Bul-

letin de la Société d'Encouragement, janvier 1829.)

Toiles cirées. On désigne encore sous ce nom des toiles imperméables plus fines que celles qui doivent servir pour les tentes, les baches et les emballages de fatigue. Ces toiles sont employées pour envelopper divers objets que l'on a seulement en vue de préserver de l'humidité ou de l'action de l'air. C'est ainsi que l'on en fait usage pour garantir des variations atmosphériques ou des intempéries des saisons les guitares, les harpes, et qu'on s'en sert pour recouvrir des chapeaux, des schakos et les gibernes. Très-souvent on ne recouvre les toiles d'un enduit que d'un côté seulement. Les Anglais en font depuis fort long-temps. Dès le commencement de la révolution de 89, M. Desquimare a fabriqué en France des tissus d'une imperméabilité complète à l'eau, même sous une assez forte pression. Leur préparation consiste ordinairement, 1° dans un encollage à la colle de pâte, afin de boucher les mailles de la toile, qui est toujours très-claire; 2° dans l'application de deux couches de blanc de Meudon délayé dans l'huile de lin; 3° dans le ponçage; 4° dans l'application des couches de couleur; 5° enfin on vernit la toile enduite, et parfois aussi on ponce chacune des couches de vernis, comme on le fait pour les voitures, les tabatières, etc. Ce ponçage exige que la toile tendue dans un cadre, soit suspendue dans l'air et non appuyée sur une table résistante, attendu que le frottement produirait des trous partout où existerait quelque éminence qui ferait relever et porter à faux la toile. Les couches de blanc de Meudon ôtent à la toile de sa souplesse; elles sont nécessaires dans certains cas, notamment lorsque la toile cirée doit servir comme tableau de mathématiques sur lequel on écrit à la mine de plomb. Pour les usages ordinaires, on devra préférer l'huile de lin rendue siccative. Ce second procédé, moins économique, donne des toiles plus souples et moins cassantes.

Pour tendre les toiles, on coud sur leurs bords une corde fine, que l'on recouvre d'une petite portion de tissu. Cette portion excédante est ensuite retranchée. C'est une perte que les fabricans peuvent facilement éviter en changeant leur manière de tendre les toiles. Il résulte aussi de la tension au moyen de cordes fixées sur des cadres, que la toile est tiraillée et altérée quand on appuie sur sa surface pour la poncer. Les fabricans feraient donc bien de tendre ces cordes au moyen de poids ou de ressorts, de manière à permettre aux points d'attache de se déplacer, et ne pas forcer la toile à changer de dimensions.

On reproche à la plupart des toiles cirées employées pour schakos d'être cassantes.

Taffetas gommés. Ces taffetas, dits aussi taffetas cirés ou taffetas vernis, et qui bien souvent sont des gazes, se préparent ordinairement en les immergeant dans l'huile de lin siccative cuite. Ces taffetas sont pendus sur des fils de fer horizontaux; le liquide égoutté tombe sur des dalles et est reçu dans une rigole. On les dessèche habituellement dans une étuve, à une température voisine de 100°. (*V.* Étuve.) La nature même de ce procédé cause dans quelques endroits du taffetas des amas d'enduit qu'on désigne sous le nom de gouttes. Il en résulte aussi que les parties du taffetas qui sont le plus éloignées du fil de suspension sont le plus chargées d'enduit.

M. Champion fabrique des taffetas plus fins, plus transparens et plus souples que ceux qu'obtiennent la plupart des fabricans en suivant le procédé que nous venons de décrire. La préparation qu'il emploie n'est pas un simple enduit qu'on puisse enlever comme cela arrive à la plupart des taffetas, mais elle pénètre jusqu'au centre du tissu. Son enduit est différent de celui qu'on emploie ordinairement, et il l'applique à beaucoup d'autres objets que nous décrirons ci-après. Au lieu de laisser égoutter le liquide, ce fabricant racle la superficie du taffetas imbibé, de manière à lui donner aussi peu d'épaisseur et autant d'égalité que possible; il lessive le tissu pour ôter l'apprêt et l'encollage du tisserand.

Plusieurs des fabricans qui annoncent que leurs taffetas sont séchés à l'air, les fabriquent réellement à l'étuve. Ce dernier procédé est avantageux lorsqu'il est convenablement pratiqué : quand on sèche à l'air, il faut fermer, par des canevas, l'entrée des séchoirs à la poussière, aux insectes, etc. Le mauvais effet de la plupart des étuves tient à ce que la vapeur dégagée des tissus enduits est emprisonnée dans l'enceinte de ces étuves où elle s'oppose à la dessication ultérieure de l'enduit, à moins qu'on n'élève la températuee à un degré tel, que les tissus enduits en soient altérés et deviennent cassans. Il convient donc d'établir un

courant d'air dans les étuves et d'ouvrir une issue aux vapeurs. Le séchage bien dirigé s'opère ainsi convenablement à la température de 100° centigrades. (*V*. Étuves a courant d'air.) M. Champion, dans les séchoirs qu'il a fait construire, dessèche habituellement des pièces de taffetas de 12 aunes; la plupart des autres fabricans, en suivant le procédé ordinaire de suspension sur des fils de fer, n'opèrent à-la-fois que sur des coupons de 4 aunes et demie environ.

Le duvet de la soie, en se recouvrant d'une plus grande quantité de liquide, détermine aussi la formation de petits amas qu'on aperçoit même sur les meilleurs taffetas.

Les *taffetas préparés au caoutchouc* constituent une espèce à part, exploitée en grand par un seul manufacturier, M. Verdier. Comme ceux de M. Champion, ils sont non pas recouverts, mais imbibés de l'enduit, qui pénètre et gonfle leur tissu; de sorte qu'il faudrait user toute l'épaisseur de l'étoffe pour ôter en entier cet enduit imperméable.

Le fabricant ayant enlevé la couche d'enduit encore fluide qui recouvre le tissu, de manière à ne laisser à celui-ci que son épaisseur, gonflée par l'absorption, l'étoffe devient plus légère et plus transparente. Sa solidité est incomparablement plus grande que celle des autres préparations du même genre.

Le gonflement du tissu est surtout sensible dans les endroits où se trouvent les fils les plus gros et des duvets; ces inégalités, qui proviennent du tissu lui-même, offrent pour ainsi dire les caractères d'un bon enduit, et sont à peine sensibles quand on emploie des tissus de première qualité. Mais quel que soit le tissu, il faut toujours qu'on en aperçoive distinctement le fil, et non pas que sa contexture ait disparu sous la couche d'enduit.

A la fabrication des taffetas gommés se rattache celles des tissus de coton et de lin enduits de la même manière. Moins propres à cette opération, à cause de leur épaisseur, ceux-ci sont enduits avec moins de soin. Cette différence, jointe à la modicité du prix d'achat du tissu, permet de les livrer aussi à un prix bien moins élevé. Les étoffes en soie au caoutchouc se vendent depuis 4 fr. l'aune (de 50 centimètres de largeur) jusqu'à 9 fr. l'aune (de 70 centimètres environ).

Les taffetas gommés au caoutchouc sont en dernier lieu passés au cylindre, et préalablement recouverts d'une légère couche de gomme arabique; on peut enlever ensuite cette gomme à l'eau chaude quand on veut employer les étoffes, et elles présentent alors un aspect lisse et poli qui convient mieux pour les manteaux que l'éclat d'un vernis. Lorsque la gomme n'a pas été enlevée et que l'étoffe est mouillée, il faut la laisser sécher avant de la plier, sinon les portions de la surface mises en contact adhéreraient entre elles.

Les principaux usages des *taffetas gommés* sont dans la confection des manteaux et des blouses, des tabliers de nourrices et de laveuses, des serre-tête, des chaussons, des enveloppes de lits de plumes, des ceintures et des gants contre les douleurs rhumatismales, des doublures de vêtemens, des couvertures pour les siéges de voitures, pour les instrumens de musique, pour les lustres, etc. Leur imperméabilité s'opposant à l'évaporation des produits de la transpiration et à leur absorption par les vêtemens, retient la chaleur, et leur transparence laisse aux objets de luxe qu'ils recouvrent une partie de leurs formes et de leurs couleurs.

On prépare aussi des tissus simples enduits, pour manteaux de marins, d'officiers de terre, en toile épaisse de lin ou de coton, parce qu'ils doivent résister à de fortes tractions et à de très-rudes frottemens. Les manteaux de soie enduite sont préférés, comme bien moins lourds, toutes les fois que ce vêtement ne doit pas être exposé à une grande fatigue.

La fabrication des manteaux de dames en taffetas imperméable prend tous les jours une plus grande extension. Leur poids varie de 100 à 250 grammes, suivant la force du tissu.

La dénomination de *taffetas* est l'expression générique usitée dans le commerce: mais on doit distinguer, en suivant la qualité du tissu, les *taffetas*, les *florences*, et au dernier degré, les *gazes*.

Tissus doubles imperméables. Dès 1793 M. Besson fabriquait des tissus doubles; en 1811 M. le chevalier Champion en fit pour l'armée; mais comme il était possible de produire pour ce service des tissus simples tout aussi avantageux et moins coûteux, on dut préférer ceux-ci. Dans ces derniers temps, MM. Rattier et Guibal ont exploité, en France, la fabrication des tissus doubles

importés d'Angleterre. Cette industrie peut acquérir un grand développement. Nous allons dire son historique, puis examiner les avantages et les inconvéniens de ses produits. M. Mackintosch préparait à Manchester, il y a près de dix ans, des tissus doubles au caoutchouc, d'abord seul, et plus tard en société avec M. Hancock; MM. Rattier et Guibal achetèrent à ces manufacturiers le secret du procédé qu'ils suivaient pour enduire les tissus et les réunir; mais ceux-ci gardèrent la recette pour composer leur enduit liquide, et fournirent cette substance aux deux fabricans français jusqu'au moment où un industriel, honorablement connu par ses travaux et sa coopération au Journal des Connaissances utiles, M. Claudot-Dumont, leur offrit, à un prix moins élevé, un enduit comparable pour le moins à celui qu'ils tiraient de Manchester. Le procédé de M. Claudot-Dumont reposait sur la dissolution du caoutchouc dans l'huile essentielle du charbon de terre; et à cette époque M. Claudot-Dumont avait passé un marché avec l'une des fabriques de gaz extrait de la houille, pour l'achat du goudron brut résidu de leur fabrication, et dont on sépare l'huile essentielle. Depuis cette époque, MM. Rattier et Guibal ont cessé d'importer d'Angleterre l'enduit de caoutchouc, toute l'huile essentielle qui provient des fabriques de *gaz-light* de Paris ayant été mise à leur dispotion.

Quant à la fabrication des tissus doubles, l'enduit de caoutchouc est étendu sur ces étoffes, *non dans un état de liquidité parfaite*, car il imprégnerait et traverserait ces étoffes, mais *à l'état de consistance presque pâteuse*, par couches successives aussi égales que possible; et l'action du *cylindre*, en serrant et faisant adhérer les tissus à la dernière couche, achève d'aplanir et d'étendre l'enduit, dont l'excès déborde de chaque côté.

Les tissus doubles de ce genre conservent l'odeur, malheureusement trop sensible, de l'huile essentielle du charbon de terre. Il est arrivé aussi plus d'une fois que l'un des deux tissus se séparant de l'enduit en quelques endroits, a donné lieu à une *poche* dans laquelle pénètrent l'eau et l'air de manière à opérer un gonflement. Au reste, l'emploi de l'enduit au caoutchouc n'est pas et ne peut pas être l'objet d'un brevet d'invention, non plus que le *système des tissus doubles*, qui ont paru en France dès 1793. (*V.* plus haut.)

On verra plus bas, à l'article *Sondes*, d'autres détails sur l'emploi du caoutchouc dissous, et sur celui du suc de caoutchouc conservé liquide.

Les *tissus doubles* sont employés à la fabrication des *manteaux*, des *matelas* et des *coussins* que l'on gonfle en y soufflant de l'air, des *chaussures*, des *tabliers* de *nourrice*, des *clyssoirs*, etc.; les *tissus simples* ont sur eux l'avantage d'une plus gande légèreté, de l'infériorité du prix, et en outre ils ne peuvent se décoller comme les tissus doubles; mais ils ont le léger inconvénient de mettre un enduit froid en contact avec la peau des enfans que les nourrices placent à nu sur leurs tabliers. Enfin les tissus doubles sont plus agréables à la vue, puisqu'ils ne montrent pas l'enduit interposé.

Les tissus doubles ou simples employés pour renfermer des gaz, comme dans les coussins à air, les aérostas, présentent une difficulté. Quand on coud les bords rapprochés de l'étoffe, chaque point de l'aiguille laisse un vide que couvre mal le fil, et à travers lequel peut s'écouler le gaz enfermé. Cette difficulté, plus sensible dans les tissus simples que dans les tissus doubles, peut être vaincue, soit en étendant sur les coutures une nouvelle couche d'enduit, ce qui est, à la vérité, assez coûteux; soit en superposant les bords, sur une certaine largeur, de manière à faire adhérer les deux surfaces d'enduit dans la même étendue. On pourrait rendre ce moyen plus efficace en imprégnant d'enduit les surfaces internes au moment de les coudre.

SONDES. Parmi les tissus enduits que nous passons en revue, nous devons une place aux utiles instrumens de chirurgie désignés sous le nom de *sondes*, et qui sont destinés à être portées dans l'intérieur de certaines parties du corps, soit pour faire écouler les liquides qu'elles renferment, soit pour servir de conducteurs à d'autres objets qu'on doit introduire dans ces mêmes parties.

Ces sondes sont fréquemment employées pour pénétrer dans le canal de l'urètre et dans la vessie. La plupart d'entre elles sont fabriquées d'une manière défectueuse, bien que leur destination semble prescrire impérieusement de n'employer que celles dont la souplesse et la résistance ne laissent rien à désirer. Les sondes sont composées d'un

tissu de coton, de lin, de soie ou de laine, enduit sur ses deux faces d'une substance peu attaquable par les solutions aqueuses qui sortent de la vessie. Cet enduit est ordinairement formé de plusieurs couches d'huile de lin rendue siccative par la litharge. La surface externe de la sonde ainsi préparée est quelquefois recouverte d'un vernis qui la rend plus lisse, et qui facilite la pénétration de l'instrument. Presque tous ces instrumens sont désignés dans le commerce et dans les Traités de Médecine sous le nom de sondes de gomme élastique; mais la plupart d'entre elles ne contiennent pas de caoutchouc. M. Verdier, chirurgien fort distingué, a résolu le problème de l'introduction du caoutchouc dans l'enduit des sondes, d'une manière très-satisfaisante. Il prépare de même des bouts de sein, des canules de divers instrumens élastiques.

La dissolution du caoutchouc offre quelque difficulté, et son mélange rend les huiles plus lentes à se dessécher.

Les caractères des bonnes sondes sont la force des tissus, la souplesse, une forte adhérence de l'enduit au tissu, et le peu d'épaisseur des parois du tube.

Il est arrivé plus d'une fois que, faute de ces qualités, des fragmens de l'enduit ou des portions assez considérables de la sonde sont restés dans le canal de l'urètre ou dans la vessie, et ont causé des accidens plus graves que la maladie à la cure de laquelle les sondes étaient employées.

Le meilleur tissu à adopter dans la confection des sondes est en fil de soie; ceux de coton, de lin ou de chanvre n'ont pas la même force, et sont altérés plus promptement ou moins bien pénétrés par l'enduit. Ces tissus se font ordinairement à la main ou au métier sur des tiges métalliques. Quelques fabricans emploient, au lieu de ces tissus, un morceau de drap cousu sur la longueur. C'est ce qu'on peut employer de moins convenable pour cet usage. Quant à l'enduit, l'huile de lin épaissie à la longue devient friable, s'écaille, se gerce et peut se détacher du tissu. Le caoutchouc mélangé avec l'huile de lin cuite paraît bien préférable. On trempe le tissu, placé sur un mandrin de fer ou de cuivre, dans l'enduit, et on laisse sécher dans une ÉTUVE à courant d'air; puis on donne une seconde couche, et ainsi de suite jusqu'à vingt à trente. Chaque couche est passée à la pierre-ponce.

Les mandrins en fer ont l'inconvénient de se couvrir parfois d'une couche d'oxide qui leur ôte leur poli et s'oppose soit à leur libre sortie, soit à leur libre entrée dans la sonde.

M. Verdier, qui s'est fait dans le monde médical une réputation justement méritée, n'emploie que des mandrins plaqués d'argent, et la couche d'enduit qui recouvre ses sondes est fort mince. Il en résulte qu'à égalité du diamètre extérieur, le diamètre intérieur est plus grand, et que l'écoulement des liquides est plus facile. En ménageant sur la surface un renflement d'un diamètre double de celui du reste de la sonde, on peut à volonté maintenir dilaté un point déterminé de l'urètre sans fatiguer le reste du canal.

Les sondes sont, comme on le sait, percées latéralement, vers leur extrémité, de deux trous par lesquels pénètre dans leur canal le liquide de la vessie. Ces trous sont d'ordinaire pratiqués, quand la sonde est enduite, au moyen d'un fer rouge; mais ce procédé vicieux rend plus altérables les parties du tissu qui ont été mises à découvert, et accélère la destruction de l'instrument. M. Verdier suit une autre méthode. Il ménage dans le tissu même deux œillets qui laissent, quand l'enduit est appliqué, deux ouvertures correspondantes dont les bords sont, aussi bien que le reste du tissu, protégés par l'enduit de caoutchouc.

Les sondes au caoutchouc ne reçoivent pas de vernis; mais elles sont douces et suffisamment lisses à leur surface.

Outre les sondes, on fabrique aussi pour la chirurgie d'autres instrumens formés de tissus recouverts d'un enduit, tels que des *canules,* des *pessaires,* des *bouts de sein,* etc. Le sondes exigent un tissu plus fin, un enduit plus souple, et doivent être mieux apprêtées, à cause de la petitesse de leur dimension et de leur destination spéciale.

L'importance du commerce de ces instrumens de chirurgie s'accroît tous les jours, surtout en France, où on les prépare mieux que chez les autres nations. Les produits anglais ont, entre autres inconvéniens, celui de se coller; on en fabrique peu aux États-Unis; le Midi ne produit rien en ce genre; la Belgique est dans le même cas; l'Autriche exploite cette industrie, mais avec peu de succès; et la consommation en Allemagne est alimentée presque exclusivement par les importations que lui procurent des commis-

sionnaires résidans à Paris. En France les départemens concourent pour une faible partie à cette fabrication. A Paris même le nombre des maisons qui fabriquent réellement leurs sondes est restreint. Nous évaluons à près de 500,000 fr. les produits annuels de cette industrie chez nous.

Quand il n'est question que d'enduire les tissus doubles, on peut se contenter d'employer la dissolution de caoutchouc pâteuse, parce qu'on l'étend sur les tissus au moyen d'un couteau large, puis au moyen des cylindres qui égalisent la couche et rendent les deux tissus superposés plus adhérens; mais s'il est question de préparer les tissus simples, tels que les taffetas, tissus qui doivent être imbibés, pénétrés de la dissolution, il devient nécessaire de se servir d'une dissolution assez *liquide*, et c'est, avons-nous dit, en cela qu'excelle M. Verdier.

La gomme élastique, conservée à l'état liquide et importée en Europe, a été soumise à des expériences qui ont montré qu'elle pouvait s'étendre dans cet état sur les tissus et se sécher soit à l'air libre, soit à l'aide d'une température qu'on peut porter à 70 ou 80°. Ce suc parait n'être venu en Europe qu'en petite quantité, quoiqu'on ait affirmé que l'importation en ait été assez considérable dans ces dernières années. Il est très-probable que son emploi plus facile, moins coûteux que celui de la gomme élastique solide, déterminera les commerçans à en faire venir de grandes quantités. Cette importation exige, il est vrai, des vases bien clos pour le transport du suc, et par suite, des frais de transport considérables.

On lit dans quelques publications faites en France, que le suc de caoutchouc liquide transporté du Nouveau-Monde en Europe *éprouve dans le voyage une détérioration complète qui détruit entièrement ses propriétés;* nous nous empressons de déclarer de nouveau que cette altération n'a pas lieu, du moins en prenant les précautions convenables. Il serait même à désirer que les commerçans essayassent de se livrer à l'importation ce suc précieux. Nous l'avons vu à Londres employé à rendre instantanément imperméables des tissus légers : versé sur une feuille de papier, puis évaporé en quelques minutes à l'air, il laisse une couche élastique offrant toutes les propriétés du *caoutchouc solide*. Voici d'ailleurs comment on dissout le caoutchouc ordinaire. Coupé en lanières extrêmement minces à l'aide d'une lame bien tranchante et humectée, on le laisse tremper à froid durant vingt-quatre heures dans de l'huile essentielle de houille rectifiée; on fait chauffer dans un matras surmonté d'un long tube qui condense la vapeur huileuse, puis on mélange avec l'huile de lin. On obtient aussi cette solution au bain-marie dans l'huile de lin.

Il se pourrait que l'on employât utilement l'éther à la solution du caoutchouc, qui ensuite se diviserait assez bien dans l'huile de lin pour être employé à la préparation de l'enduit, lorsque le prix de l'éther, devenant chaque jour moins élevé, ne s'opposera plus à l'usage de ce procédé (1).

Parmi les objets en fibres textiles enduits et imperméables, nous devons aussi mentionner les lignes de soie enduites de caoutchouc que fabrique M. Verdier; elles ont le double avantage de durer fort long-temps et de ne pas *vrillonner* dans l'eau.

Nous devons mentionner encore les canevas en fils enduits, pour garnir les jours des écuries, des laiteries, etc.; ces canevas s'opposent au passage des insectes et résistent à l'humidité; ils servent aussi à couvrir les arbres et les espaliers. On en fait des sacs pour conserver les raisins, qui sont généralement préférés aux sacs de crin, tant à cause de leur longue durée que de leur moindre prix. Nous recommanderons enfin les cordes apprêtées de la même manière, comme pouvant servir à étendre de linge sans le tacher, remplacer les cordes les jalousies et les cordages goudronnés. On sait que le goudron diminue de beaucoup la force

(1) Le meilleur procédé consisterait peut-être à diviser le caoutchouc plutôt qu'à le dissoudre, de telle sorte que, restant encore organisé, il pût reprendre ses qualités membraneuses.

C'est ainsi que nous avons démontré ailleurs que l'ichtyocolle n'agit utilement dans la clarification de la bière, que divisée mécaniquement et non dissoute.

Quelques essais nous ont appris que l'on obtient un effet analogue relativement au caoutchouc, en le laissant tremper en lames minces dans une huile essentielle pendant six ou huit heures, à la température de 60 à 80°.

Très-gonflé alors, il se réduit facilement, dans un mortier chaud, en un magma que l'on peut étendre dans l'huile de lin au moment de s'en servir.

Ce magma, séché en couches minces, reproduit le caoutchouc compact avec sa propriété élastique.

P.

du cordage, et ne le préserve pas très-longtemps.

Des objets du même genre, mais bien plus importans en raison du grand usage que l'on en fait, ce sont les mesures enduites que nous fabriquons aujourd'hui bien mieux que les Anglais. M. Champion, que nous avons cité, et qui prépare avec succès les divers articles que nous venons d'énumérer, s'est distingué surtout dans ce dernier genre. Ses mesures en ruban sont réellement imperméables et très-solides ; et les divisions sont faites avec toute l'exactitude désirable ; il faudrait, pour enlever la substance huileuse dont elles sont imbibées, détruire, en le grattant, le tissu dans toute son épaisseur. Aux récompenses que lui ont données la Société d'encouragement et le Jury d'Exposition, il joint les témoignages des administrations publiques auxquelles il fournit ces mesures si commodes. Elles sont employées pour l'arpentage, le toisé, le jaugeage des tonneaux et des cuves, le mesurage des arbres, le jaugeage des navires, pour les toisés des chevaux, et enfin la détermination du poids des bœufs par une très-simple opération. L'administration des Droits-Réunis et celle des Douanes ont adopté ces instrumens. Les mesures précitées sont enfermées dans des boites en cuir bouilli imperméable ou en bois, et s'enroulent autour d'un cylindre placé dans l'axe de ces boîtes, au moyen d'une manivelle placée sur cet axe. Elles ne s'écaillent pas, alors même qu'on les ploie et froisse à dessein ; les traits y sont imprimés de manière à pénétrer le tissu de part en part et ne s'effacent jamais. M. Champion imprime les divisions au moyen de *règles* en cuivre mince percées de fentes transversales. Ces fentes sont pratiquées à l'aide d'une machine inventée par M. le baron de Prony. Celle-ci se compose principalement d'une vis très-exactement construite qui avance parallèlement à la règle et porte une pièce qui, tournant autour d'un point fixe comme centre, décrit par son autre extrémité un petit arc transversal à la règle, et qui se confond sensiblement avec une ligne perpendiculaire à la longueur de cette dernière. Un tracelet, placé à cette extrémité mobile, fait dans la règle de cuivre une fente à l'endroit voulu. La vis est pourvue d'un appareil micrométrique composé d'un index se mouvant sur un cercle divisé ; elle donne jusqu'à des millièmes de millimètres. M. Champion fabrique des mesures conformément aux systèmes suivis dans les pays étrangers, ainsi qu'au système métrique français. Il s'est procuré, dans ce but, des étalons très-exacts.

Ces instrumens sont très-portatifs, car une mesure de 50 mètres est renfermée dans une boite qui a moins de 6 pouces de diamètre ; pour celles de 100 mètres, le diamètre est de moins de 9 pouces. Les ingénieurs et les arpenteurs qui ont dû souvent se servir des mesures-Champion dans la rosée, et au milieu même de l'eau, ne les ont pas vues varier sensiblement. Nous ne croyons pas devoir entrer dans le détail des divers emplois de ces mesures flexibles ; mais nous décrirons, à cause de son utilité pratique, de sa nouveaute, et de la singularité du fait, le procédé du mesurage des bœufs. Il est dû à M. Mathieu de Dombasle.

Le bœuf ayant les deux pieds de devant sur la même ligne et la tête droite, un homme passe derrière la jambe gauche de l'animal le bout de la mesure et le donne à une autre personne placée de l'autre côté. Celle-ci la remonte en avant de l'épaule droite, à la place où serait le collier si le bœuf était harnaché comme un cheval, et elle porte l'extrémité sur le sommet du garrot, entre les parties les plus élevées des omoplates, par le chemin le plus court. Le premier opérateur élève en même temps, d'à-plomb, l'autre côté du ruban, qui tient à la boîte, et vient le joindre à l'extrémité qu'on a déjà portée au garrot. On serre modérément sur le ruban, et on lit *imprimé sur celui-ci, au point de jonction, le poids net de la viande*. En répétant cette mensuration deux fois, et prenant la moyenne, on aura un résultat plus exact. Tout ce qu'on pourrait dire pour expliquer cette singulière opération revient à ceci : qu'il y a un rapport à peu près constant entre le poids net de la viande et la longueur de la courbe que suit la mesure dans le procédé indiqué.

Tissus élastiques en caoutchouc. Nous croyons devoir joindre à l'exposé de la fabrication des tissus enduits de caoutchouc la préparation des tissus élastiques dans la confection desquels entre la même substance à l'état de fils. Ce genre d'industrie était exercé depuis un certain nombre d'années à Vienne, mais il ne prit alors que peu de développemens. Il est à notre connaissance personnelle qu'on a depuis as-

sez long-temps préparé en France des jarretières qui doivent leur élasticité à une bande de caoutchouc recouverte d'une étoffe tissée sur la bande tendue, et qui se plisse quand celle-ci revient sur elle-même. MM. Rattier et Guibal sont les premiers qui aient agrandi et perfectionné la fabrication des tissus élastiques en caoutchouc.

Dans l'origine ils découpaient le caoutchouc avec des ciseaux; un seul homme pouvait faire 100 aunes de ce fil dans une journée. La poire de caoutchouc était coupée en spirale; chaque petite bande ainsi faite était ensuite divisée par le même moyen en deux ou plusieurs fils plus ténus.

Ils imaginèrent aussi de séparer soit avec des pinces, soit avec les doigts seulement, les différentes couches dont la poire est formée. La limite entre ces couches ne peut quelquefois être aperçue qu'à l'aide du microscope. L'on facilite cette séparation en la commençant en un point donné, avec un instrument tranchant.

Pour obtenir des fils très-minces, MM. Rattier et Guibal essayèrent encore d'amincir la bouteille de caoutchouc en y soufflant de l'air au moyen d'une pompe foulante. Ce procédé, usité depuis long-temps dans les laboratoires, peut dilater une poire ordinaire de 5 pouces jusqu'à la transformer en un ballon de 2 pieds.

Ces différentes opérations doivent être précédées du ramollissement de la bouteille au moyen de l'eau chaude. On la soumettra pendant une demi-heure à l'action d'un bain d'eau bouillante, et on y introduira de l'eau au même degré par un tube de fer-blanc que termine un entonnoir adapté exactement au goulot de la bouteille. On donne à ce tube une hauteur de 2 pieds environ, afin que la pression du liquide maintienne la bouteille gonflée et augmente même sa capacité.

Plus tard, MM. Rattier et Guibal ont substitué aux ciseaux des machines à diviser dont nous allons donner la description. Mais pour faciliter l'action de ces machines et rendre les fils plus réguliers, ils ont transformé la bouteille de gomme élastique en un disque d'une épaisseur égale en tous les points et parfaitement circulaire.

Cette opération préliminaire s'exécute de la manière suivante : 1° la bouteille ramollie par l'eau chaude est serrée entre les deux plateaux d'une presse; 2° on lève le goulot, qui est peu propre à la fabrication; 3° on coupe la bouteille en deux parties égales; puis on attend que la matière se soit *refroidie* et ait repris une certaine consistance, avant de la soumettre à l'action des machines qui doivent la diviser.

Quand la bouteille est assez forte et d'une épaisseur variable en ses différens points, on en soumet chaque moitié à une forte pression dans un moule cylindrique de métal très-épais, dans lequel pénètre un piston de la même substance, qui force le caoutchouc à prendre la forme d'un *cylindre plat à base circulaire*. Le moule est plongé dans l'eau chaude pendant que la pression est exercée, afin d'augmenter la ductilité du caoutchouc. Une tige de fer, qui traverse le moule creux et le piston, retient ce dernier malgré la réaction du caoutchouc, quand on retire le moule de dessous la presse. On refroidit alors ce moule au moyen de l'eau fraîche, et l'on retire le disque de caoutchouc.

La transformation du disque de caoutchouc en fils fins se fait au moyen de deux machines. La première découpe le disque en un ruban, ou, si l'on veut, en une bande d'égale épaisseur dans toute son étendue, qui va en spirale de la circonférence du disque jusque près de son centre. La seconde subdivise longitudinalement cette bande en plusieurs bandes parallèles très-étroites de la même épaisseur que la bande totale.

Machine à découper le disque de caoutchouc en une bande spirale. (Pl. 89, *fig.* 1 et 2.)

Le disque D, placé horizontalement, tourne autour de son axe vertical et vient présenter sa périphérie au tranchant d'un couteau, C, qui est en forme de lame circulaire, et dont le plan est perpendiculaire à celui des bases du disque. Ce couteau tourne autour de son centre qui est fixe. Le mouvement rotatoire du disque force le couteau à pénétrer de plus en plus dans sa masse, et le mouvement du couteau lui-même lui fait découper plus facilement la bande. On conçoit que si le disque tournait seul, le couteau immobile ne pourrait agir que par pression et éprouverait une résistance énorme. Un troisième mouvement est nécessaire. A mesure que le disque diminue par suite de l'enlèvement de la bande spirale, il faut que le centre de ce disque avance sur le couteau, de sorte que la bande

ait toujours la même épaisseur. L'inspection de la figure 3 fera concevoir la concordance de ces trois mouvemens.

Le couteau C est placé sur un arbre A qui porte une poulie P autour de laquelle s'enroule une courroie qui donne le mouvement à toute la machine. Ce couteau a 6 pouces de diamètre. Pour qu'il se refroidisse constamment et coupe mieux le caoutchouc, il plonge par en bas dans une bâche B pleine d'eau ; un robinet R sert à vider cette bâche.

L'arbre A porte un pignon *p* qui engrène avec une roue R placée sur l'arbre A′, sur lequel est entaillée une vis à pas fin, *v*, *v*. Cette vis porte un écrou E qui avance à mesure que la vis tourne, et entraîne avec lui un lien L qui lui-même pousse constamment vers le couteau le disque D porté sur une embase. Cette embase est guidée par deux oreilles qui glissent dans deux rainures ménagées dans l'épaisseur de la table. Le diamètre du pignon *p* est le cinquième environ de celui de la roue R ; de sorte que l'arbre A′ tourne cinq fois moins vite que l'arbre A ; et la finesse du pas de la vis *v* contribue encore à ralentir le mouvement de translation du disque.

Quand le disque est découpé, on ramène l'embase, le lien et l'écrou vers leur position de départ, en soulevant l'écrou, qui est à charnière.

Le disque est fixé sur l'embase au moyen de pointes aiguës et d'une rondelle supérieure. L'embase et la rondelle ont un très-petit diamètre, afin que le couteau puisse, en découpant le disque, avancer aussi près que possible du centre.

Le mouvement de rotation du disque et de son embase leur est imprimé par une vis sans fin *w*, *w*, qui commande un pignon *p″*, garni de dix dents que porte l'arbre *a* sur lequel est établie l'embase. L'arbre A″ de cette vis sans fin reçoit lui-même son mouvement du premier arbre A au moyen des roues *s* et *s′* montées sur ces arbres, et d'une roue intermédiaire *s″*. Cette roue, d'un diamètre égal à celui de l'arbre A″, n'a pas d'autre objet que de permettre d'éloigner cet arbre de l'arbre A. Le diamètre de la roue de ce dernier arbre est à celui des deux autres dans le rapport de 10 à 8.

Deuxième machine servant à diviser en rubans plus ténus les bandes obtenues par la première machine. (Pl. 89, fig. 4.)

On engage la bande entre les couteaux circulaires *c*, *c*, qui sont montés sur les rouleaux *r*, *r* ; des rondelles minces de cuivre maintiennent ces couteaux écartés à une distance qu'on peut faire varier, et deux rondelles extrêmes à vis, sur chaque rouleau, maintiennent tout le système. Les axes de ces rouleaux traversent deux montans M, M, garnis de coussinets et de têtes à vis pour les rapprocher à volonté. L'arbre du rouleau d'en bas porte une roue *r* qui engrène avec une autre roue *r′* plus petite, placée sur le même axe que la poulie P, que met en mouvement une corde. Le diamètre de la roue *r* est trois fois celui de la roue *r′*. La poulie *p* a deux fois la largeur de la roue *r′*. La corde de la poulie P s'enroule sur un tambour B qui commande au reste de la machine.

Amenés à cet état de ténuité les fils sont mis successivement dans des baquets pleins d'eau froide ; puis on les ramollit dans l'eau chaude, et on les allonge autant que possible de la manière suivante : on les enroule sur un *rouet* qu'un ouvrier fait tourner rapidement, et un autre homme, placé près du vase plein d'eau chaude, *file* le caoutchouc ramolli en le maintenant tendu. Le fil de caoutchouc prend par ce moyen une longueur six à huit fois plus grande. Les dévidoirs ainsi garnis sont placés pendant quelques jours dans une chambre froide où ils deviennent raides et changent, pour ainsi dire, de nature. (*V.* Chimie de Berzélius, T. V, p. 541.)

Cet état de raideur est essentiel pour le travail ultérieur. Les fils, en effet, suivant le procédé qui paraît le plus convenable, sont recouverts d'un lacet de soie ou de coton au moyen d'une machine semblable à celle à faire des lacets, et sont dans cet état employés à faire des tissus. Si la *gomme* jouissait de toute son élasticité pendant ce travail, les différens fils s'allongeraient, et se contracteraient ensuite de quantités variables, et le tissu goderait inévitablement. Il faut donc employer le fil devenu presque rigide et inextensible, et *lui rendre plus tard son élasticité quand le tissu sera achevé.* Cette restitution peut s'opérer en promenant un fer chaud sur le tissu placé sur une table rembourrée. Un température suffisante produira toujours cet effet.

Les dimensions ordinaires des machines à lacets doivent être changées quand on les applique aux fils de caoutchouc. On pourra donner une largeur de 16 pouces aux plateaux.

Dans les métiers on fera bien de donner à chaque fil sa bobine, et de tirer cette bobine au moyen d'une corde qui supportera un poids convenable, afin que chaque fil ait le même degré de tension.

Les tissus apprêtés jusqu'ici avec les lacets élastiques ont peu de largeur, ce sont presque toujours des rubans pour bretelles, jarretières, etc. Sur chaque métier on pourra tisser plusieurs rubans à-la-fois. On emploiera, pour faire avancer la chaîne, les moyens déjà connus, et entre autres un cylindre à manivelle, ou mieux encore un système de rouages qui soit lui-même commandé par le mouvement alternatif du peigne.

Il n'est pas superflu de faire remarquer que le lacet qui recouvre le fil de caoutchouc protége ce dernier contre les dents du peigne, qui pourraient l'écorcher.

On a déjà fait des tentatives heureuses pour améliorer la fabrication des tissus en caoutchouc, surtout en ce qui concerne le tissage. Cet art est pour ainsi dire dans son enfance, et cependant les bénéfices que procure cette industrie sont assez forts. Les Américains, en particulier, importent de France des quantités considérables de bretelles et autres tissus élastiques. L'usage de ces produits se popularisera infailliblement chez tous les peuples qui jouissent de quelque bien-être. P. et Sainte-Preuve.

TOILES A PEINDRE, ou Toiles imprimées. L'usage de peindre sur toile libre ou collée sur bois, attribuée par *Vasari* à *Margaritone,* qui vivait au XII[e] siècle, parait, d'après M. *Emeric-David* et plusieurs autres savans qui ont fait des recherches fort curieuses sur l'art de peindre, avoir été pratiqué bien avant l'époque à laquelle vivait cet artiste; on est même porté à croire que la toile fut employée de tout temps, mais par un petit nombre d'artistes seulement. Depuis la renaissance des arts en Italie jusqu'à l'époque de *Raphaël,* presque toutes les peintures qui ne furent point exécutées sur les murs, le furent sur des panneaux de bois. Cet usage, presque général alors en Italie, commença à s'y perdre après l'immortel peintre dont nous avons parlé; mais il persista beaucoup plus long-temps dans les Pays-Bas : les peintres de ces pays ne commencèrent à l'abandonner qu'après la mort de *Rubens,* chef de l'école flamande. Du temps de ce maître il existait à Anvers une fabrique de panneaux très-importante, dont les produits jouissaient d'une grande réputation et s'expédiaient au loin.

Les panneaux qui dans le principe étaient presque exclusivement employés dans l'un et l'autre pays, étaient fabriqués avec beaucoup de soin. Les Italiens les préparaient avec du bois de peuplier, et les Flamands avec du chêne; afin qu'ils ne se déjoignissent pas, on collait des bandes de toile sur les points de contact des diverses planches qui les composaient. Cette utile précaution est encore attribuée, mais à tort, par *Vasari,* à ce même *Margaritone* dont nous avons parlé. D'après M. de Montabert, les peintres des X[e] et XI[e] siècles paraissent même avoir eu souvent recours à ce collage de bandes de toile; quelques-uns couvraient une et quelquefois les deux surfaces de leurs panneaux, d'une toile ou d'un cuir tanné; d'autres enduisaient seulement le derrière d'une préparation bitumineuse.

La surface sur laquelle devait être appliquée la peinture était toujours recouverte d'un enduit composé de plâtre fin ou de craie délayée avec de la colle de peau ou de la colle de farine. Toutes ces préparations minutieuses furent abandonnées par la suite; les panneaux eux-mêmes disparurent en grande partie des ateliers des peintres, pour faire place aux toiles, qui, d'un prix moins élevé et d'un transport plus facile, furent généralement adoptées (1).

Dans le principe les artistes préparaient eux-mêmes leurs toiles; ils les recouvraient de la même préparation à la colle qui avait jadis été employée à recouvrir les panneaux; ils avaient la précaution de n'en appliquer qu'une très-faible couche, seulement pour boucher les mailles du tissus; le plus souvent cette préparation était colorée soit en rouge, soit en brun jaunâtre, suivant la teinte qui devait dominer dans le sujet qu'ils se proposaient de traiter.

On est généralement porté à croire que c'est à la propriété absorbante de ces toiles qu'est due la conservation du coloris d'une foule de tableaux anciens, qui, après avoir traversé plusieurs siècles, sont arrivés jusqu'à nous sans altération sensible. Ce fait parait d'ailleurs bien démontré en remarquant que tous les tableaux du moyen âge que nous possédons, et qui jouissent encore

(1) On trouve de fort bons renseignemens sur la fabrication des panneaux dans les ouvrages de MM. Mérimée et de Montabert.

d'un coloris très-brillant, sont presque tous peints sur des préparations à la colle.

On remarque encore que quelques artistes d'époques beaucoup plus récentes, qui ont brillé par la couleur, et dont les ouvrages ont conservé leur fraîcheur, préparaient leurs toiles d'une manière analogue à celle des anciens : Mignard, par exemple, faisait entrer dans la préparation de celles dont il se servait beaucoup d'essence et peu d'huile; c'est à cette précaution que l'on attribue la fraîcheur de ton que l'on remarque dans les clairs de ses portraits; les bruns au contraire en sont devenus très-obscurs, et cela parce qu'il les a obtenus au moyen de frottis superposés, toujours composés d'une grande quantité d'huile.

Boucher, d'une époque plus récente encore, peignait aussi sur des toiles préparées à la colle, fort peu couvertes. Nous avons eu occasion de remarquer des ouvrages de cet artiste, qui avaient environ quatre-vingt-dix ou cent ans de date, et qui, quoique conservés pendant plusieurs années de suite dans un lieu humide à tel point que les toiles de plusieurs étaient presque complètement pourries, jouissaient encore d'un coloris très-frais. (1)

Il en fut de l'usage de peindre sur toile préparée à la colle, comme de l'usage de peindre sur bois; il fut délaissé, et il n'est plus mis en pratique actuellement que par quelques artistes qui tiennent, autant que possible, à suivre les méthodes conservatrices des anciens maîtres.

(1) Pour m'assurer de ce fait, j'ai pris dans une des parties le mieux conservées d'un de ces tableaux un morceau de toile recouverte de peinture, et je l'ai soumis à l'action de l'eau bouillante. Après quelques instans d'ébullition, la peinture se sépara de la toile par petites écailles, un précipité rougeâtre nageait dans le liquide. Une portion de ce liquide, après avoir été filtrée, fut essayée par la teinture de noix de galle, qui produisit un léger précipité floconneux; une autre partie fut essayée par l'iode, qui y fit naître une teinte bleue. Le précipité, recueilli à part, traité par l'acide hydro-chlorique, fit effervescence, et fut en partie dissous; concentré dans une petite capsule, afin de chasser l'excès d'acide, et repris par l'eau distillée, il précipita en blanc par les carbonates alcalins et par l'oxalate d'ammoniaque, et en bleu par le prussiate de potasse. Cet essai démontre clairement que cet artiste employait à la préparation de ses toiles de la craie coloriée par du brun rouge et délayée avec un mélange de colle végétale et de colle animale.

Les toiles préparées à l'huile, plus faciles à rouler sans craindre de les endommager, ayant été jugées plus commodes, en ce que la peinture appliquée dessus sèche moins vite, et laisse par cela même à l'artiste la facilité de quitter son travail et de le reprendre sans inconvénient plusieurs jours après, furent adoptées de préférence, et sont presque exclusivement employées aujourd'hui, surtout en France.

Depuis le milieu du siècle dernier les toiles à peindre ont commencé à former une nouvelle branche d'industrie qui s'est considérablement accrue, et qui ne peut manquer de s'accroître encore, puisque l'art de peindre fait actuellement partie de l'éducation des jeunes gens. Depuis cette même époque les marchands de couleurs fines se sont adonnés, pour la commodité des artistes, à préparer ces toiles d'avance.

La préparation des toiles à peindre, quoique très-simple en apparence, demande beaucoup de soin, et surtout de l'habitude, pour parvenir à les bien fabriquer. Nous allons décrire les moyens de fabrication employés maintenant.

On doit choisir la toile de chanvre écrue la meilleur possible sans cependant être trop serrée, car elle serait sujette à se casser; elle doit être d'un grain fin, d'un tissage très-régulier, et dépourvue de nœuds saillans. On la coupe de grandeur convenable pour le châssis sur lequel on doit la tendre, observant bien qu'elle doit être clouée sur l'épaisseur de celui-ci.

Ce châssis, fabriqué ordinairement en bois de sapin choisi, doit être très-solide sans être trop épais, bien assemblé, à tenons libres, c'est-à-dire sans clous ni chevilles, muni dans tous les coins d'assemblage, et au bout de chaque traverse, s'il est de grande dimension, de petites pièces de bois taillées en coin, auxquelles on donne le nom de clefs : au moyen de la disposition de ces clefs, que l'on fait entrer en frappant dessus avec un marteau, dans des entailles pratiquées exprès, on peut augmenter à volonté la longueur et la largeur du châssis, et conséquemment retendre sans difficulté la toile qui le recouvre, chaque fois que cela est nécessaire.

Pour clouer la toile, quand le châssis est de moyenne dimension, l'ouvrier s'assied et pose son châssis de champ devant lui, un des petits côtés en haut; il place sa toile dessus, en ayant soin qu'elle ne dépasse pas

plus d'un côté que de l'autre, et que ses bords se trouvent bien parallèles à ceux du châssis; alors il enfonce un clou sur le milieu du petit côté supérieur; par ce moyen il y fixe sa toile, et la cloue ensuite aux deux coins, ayant soin de la tendre et de remployer chaque coin, afin qu'elle prenne bien la forme du châssis; puis il garnit ce même petit côté supérieur de clous qu'il place à environ 2 pouces l'un de l'autre. Il retourne ensuite son châssis en sens contraire, c'est-à-dire que le petit côté qu'il vient de clouer, et qui était en haut, doit se trouver posé à terre; alors il cloue les deux autres coins, en ayant toujours soin de tirer très-fortement sa toile avant de placer chaque clou. Dans cet état, la toile se trouve arrêtée à chaque coin et complètement clouée sur un petit côté. Il la cloue également sur un grand; puis pour clouer les deux autres, il commence par le milieu de l'un d'eux; il y place un clou après avoir très-fortement tendu la toile; enfin il en place deux autres à droite et à gauche du premier, en ayant soin de toujours tendre la toile avant de placer le clou; et il continue de les placer ainsi deux à deux et toujours à l'opposite l'un de l'autre, jusqu'à ce que le côté du châssis en soit garni; enfin il emploie le même moyen pour tendre et clouer le quatrième côté. Après cette opération, la toile doit ne faire aucun pli, et être assez bien tendue pour que l'on n'ait pas besoin d'avoir recours aux clefs pour l'amener au point de tension convenable. On se sert pour opérer la tension des toiles, d'une pince à mords plats semblable à celle des cordonniers: elle fait en même temps office de marteau. Après avoir fortement tendu la toile on appuie assez fort avec le doigt pour la maintenir au point de tension où on l'a amenée; puis on dégage la pince, on place le petit clou, qui doit être assez aigu pour s'implanter aisément dans la toile en appuyant sur sa tête; enfin, en le frappant un coup seulement avec la tête de la pince, on l'enfonce complètement.

Quand on tend une grande toile, on place le châssis sur des tréteaux; on opère de la même manière et l'on se sert alors d'une grande tenaille à mords dentés, la même que celle dont se servent les tapissiers.

Quand la toile est tendue, on passe sur toute sa surface un morceau de pierre-ponce qu'on a usé d'un côté en le frottant sur une tuile pour le rendre uni; par ce moyen on enlève tous les nœuds et les filamens qui peuvent s'y trouver. On doit avoir soin, en opérant ce ponçage, de ne point frotter aussi fort sur les bords que sur le milieu; car la toile, si bien tendue qu'elle puisse être, fléchit et appuie sur le bois; alors la pierre ponce l'use complètement au premier coup. Après le ponçage on brosse fortement la toile pour enlever les débris des filamens qui ont été usés par la ponce, et l'on procède à l'application de l'impression.

Cette impression, dont on applique ordinairement plusieurs couches, se compose le plus souvent de blanc de céruse broyé à l'huile de lin; pour la première couche on y ajoute ordinairement de l'ocre en assez grande quantité pour lui donner une teinte jaune assez prononcée; quelquefois on en ajoute encore un peu dans les couches suivantes, mais seulement de quoi leur donner un ton légèrement jaunâtre; quelquefois encore on y mêle, indépendamment de l'ocre, un peu de brun-rouge qui produit une teinte brune qui plaît à un assez grand nombre d'artistes; enfin il arrive souvent qu'on laisse l'impression complètement blanche.

On se sert pour appliquer cette préparation, d'un long couteau dont la lame va un peu en diminuant vers la pointe, et dont le tranchant doit être arrondi et parfaitement uni; il est muni d'un manche en bois, afin que la main de l'ouvrier ne touche pas la toile en le passant dessus. La soie de ce couteau porte deux courbures à angle droit, à peu près comme le manche d'une truelle.

La première couche, colorée comme nous l'avons dit plus haut, doit être étendue d'une quantité d'huile de lin suffisante pour lui donner la consistance d'une bouillie un peu claire: sans cette précaution, la toile absorbant l'huile avec promptitude, et par cela même la préparation huileuse acquérant instantanément beaucoup de consistance, il devient impossible de l'étendre également dans tous les points; de plus, l'impression n'ayant pu pénétrer le tissu assez avant, quand on a superposé plusieurs couches et qu'elles sont sèches, il arrive assez ordinairement que cette toile se casse et s'écaille aisément.

La première couche étant sèche, ce qui a lieu au bout de quinze à vingt jours en été et d'un mois en hiver, on la ponce et l'on en applique une seconde. La première couche ayant déjà rempli les mailles du tissu, et s'opposant à la rapide imbibition de l'huile,

il n'est plus nécessaire que l'impression soit aussi fluide que pour la première couche; il en est de même pour les suivantes. On applique presque toujours plusieurs couches, deux ou trois, et quelquefois quatre, suivant que l'on désire obtenir une surface plus ou moins unie; on a toujours soin de laisser sécher chacune d'elles, et de poncer avant d'en appliquer une nouvelle.

Les toiles dont nous venons de décrire la préparation sont connues sous le nom de toiles fines.

Les jeunes artistes se servent ordinairement, pour faire des études, de toiles préparées avec un tissu très-lâche connu sous le nom de canevas, et désignées sous le nom de toiles ordinaires; leur préparation ne diffère de ce que nous avons dit plus haut, qu'en ce que l'on doit fermer les larges mailles de ce tissu au moyen d'un encollage, avant d'appliquer la première couche d'impression, qui, sans cette précaution, passerait au travers.

Les châssis sur lesquels elles sont tendues sont faits avec moins de soin que les châssis à clefs. Ils se composent tout simplement de quatre pièces de bois assemblées par leurs bouts, et clouées l'une sur l'autre assez solidement, de façon à présenter un parallélogramme; on cloue par derrière, et vers chaque angle, afin de leur donner plus de solidité, quatre petites pièces de bois auxquelles on donne le nom d'écharpes; elles sont fixées d'un bout sur un petit côté, et de l'autre sur un grand. D'après cette disposition, les châssis vus par derrière présentent la forme d'un octogone un peu allongé. Enfin quand ils sont un peu grands, on y ajoute encore au milieu une autre pièce de bois ou traverse qui va d'un grand côté à l'autre, et qui est fixée à chaque bout par deux fortes pointes.

L'encollage dont on se sert n'est rien autre que de la colle animale que l'on obtient en faisant bouillir dans de l'eau des rognures de peau blanche ou des peaux de lapin dont on a enlevé le poil. Cette colle, pour remplir le but qu'on se propose, doit pouvoir se prendre en une gelée assez ferme par refroidissement. Avant de l'appliquer sur le canevas, qu'on a préalablement tendu sur le châssis et poncé, on la liquéfie par la chaleur, en observant bien toutefois qu'elle ne soit que tiède; plus chaude elle traverserait le tissu; inconvénient qu'il faut éviter autant que possible. La colle ainsi disposée, on en prend une petite portion avec une cuillère de fer, on la répand sur la toile, et, au moyen du couteau à imprimer, on la promène sur toute sa surface, de façon à en remplir autant que possible toutes les mailles; ensuite on enlève en raclant toute la portion excédante. S'il en était passé par derrière, il faudrait l'enlever avec soin au moyen d'un couteau à palette; quand on néglige cette précaution, cette colle, rassemblée en gouttes, forme des épaisseurs qui se crispent en été par l'action de la chaleur atmosphérique, et donnent à la surface destinée à recevoir la peinture, un aspect raboteux qu'on ne peut faire disparaître, et qui est toujours une cause de rebut. Ce premier encollage étant sec, on en applique un autre; on laisse sécher de nouveau, on ponce, et l'on applique les diverses couches d'impression comme nous l'avons indiqué.

Quelques peintres n'aiment point à peindre sur de la toile unie, ils préfèrent que la surface en soit recouverte de petites aspérités qui lui donnent un aspect grenu, qui happent et retiennent fortement la couleur lorsqu'en peignant ils promènent la brosse dessus. Rien n'est aussi facile que de remplir cette condition; il suffit de se munir d'une vessie gonflée d'air, et que l'on tient en cet état en serrant fortement, avec une petite ficelle, l'ouverture qui a servi à l'introduction : aussitôt que l'on a donné la dernière couche à la toile, on frappe légèrement dessus avec la vessie gonflée; celle-ci s'attache à la préparation nouvellement appliquée, et en l'enlevant de suite par un mouvement brusque, elle laisse sur l'endroit où elle a porté une foule de petites aspérités qui lui donnent l'aspect désiré. On passe ainsi et à plusieurs reprises sur toute la surface, afin que le grain soit bien égal partout.

Depuis quelques années certains peintres ayant remarqué que les tableaux de l'ancienne école vénitienne dont on admire le coloris, laissaient voir à leur surface toute l'empreinte du tissu sur lequel ils étaient peints, employèrent, afin d'imiter cette manière de peindre, de la toile couverte seulement d'une couche d'impression. Cette toile, à laquelle on donna le nom de toile vénitienne, conserve toute sa souplesse. Le peu de préparation qui sert simplement à boucher ses mailles ne permet pas de penser que, même après un laps de temps assez considérable, elle puisse se casser ni s'écailler comme cela arrive ordinairement à la

toile unie, et par conséquent couverte d'une grande quantité de blanc de plomb broyé à l'huile.

Afin de pouvoir rouler les tableaux et de les transporter aisément sans les endommager, on a toujours recherché les toiles qui, étant sèches, conservaient le plus de souplesse. Celle dont nous venons de parler nous semble laisser peu à désirer sous ce point de vue ; mais nous pensons, ainsi que plusieurs savans qui se sont occupés de ce sujet, qu'il serait préférable encore, quand on peint de grands tableaux surtout, de se servir tout simplement de toile très-unie ou de beau coutil de fil que l'on aurait poncés et encollés afin que la peinture ne les traversât pas. Outre que la toile couverte de la peinture conserverait la souplesse que l'on recherche, elle jouirait, comme les toiles préparées à la détrempe, de l'avantage important d'absorber l'huile, et l'on aurait lieu d'espérer que les couleurs conserveraient pendant fort long-temps leur première fraîcheur. Tous les peintres savent qu'il est presque impossible d'obtenir ce précieux résultat en peignant sur les impressions à l'huile, surtout lorsqu'elles sont un peu épaisses : l'huile et le blanc de plomb forment une combinaison qui, lorsqu'elle est sèche, se laisse difficilement pénétrer par l'huile. C'est à cette difficulté de pénétrer dans l'impression, qu'éprouve l'huile lorsque l'on peint sur de semblables préparations, que l'on attribue l'obcurcissement des tableaux. M. Mérimée, dans son savant Traité de Peinture, p. 251, donne une explication de ce phénomène qui nous semble très-satisfaisante, en disant que : « L'huile » surabondante employée en peignant, se » trouvant enfermée entre les dernières » couches de peinture et l'impression, reste » fort long-temps sans sécher, et réagit sur » les couleurs, tandis que sur une impres» sion à la détrempe, elle la pénètre et sort » sur le derrière de la toile. »

M. Rey, sachant combien il serait important pour les peintres d'employer des toiles qui fussent souples et en même temps absorbantes, fit quelques tentatives pour arriver à ce double résultat ; il prépara des toiles au moyen de deux couches de détrempe superposées, et il appliquait dessus, lorsqu'elles étaient sèches et poncées, une couche de blanc broyé à l'huile et très-liquide. Ces toiles, qu'il nommait toiles absorbantes, demandaient peu de temps pour leur préparation. Elles étaient d'abord très-souples, pouvaient se rouler aisément et conservaient la propriété absorbante. Elles eurent assez de vogue ; mais on finit par s'apercevoir qu'elles perdaient leur souplesse et s'écaillaient quand elles étaient complètement sèches. Cet effet fâcheux, qui aurait dû être prévu, attendu que la préparation à la colle qui les recouvrait était trop abondante, les fit abandonner (1).

La préparation de plomb employée depuis long temps pour l'impression des toiles à peindre, ne conservant pas sa souplesse, se laissant difficilement pénétrer par l'huile, noircissant promptement par la présence de l'acide hydro-sulfurique souvent répandu dans l'atmosphère ; enfin la méthode conseillée par M. Rey ne remplissant pas complètement les conditions désirées, nous avons entrepris quelques essais : nous avons cru pouvoir obvier aux divers inconvéniens ci-dessus énumérés, en substituant la craie au sous-carbonate de plomb. Cette substance, broyée à l'huile de lin, ne sèche pas aussi vite, il est vrai, que le blanc de céruse, mais la différence n'est pas assez considérable pour s'opposer à son emploi ; elle ne noircit pas par les vapeurs sulfureuses ; les toiles que l'on en recouvre d'une couche seulement conservent toute leur souplesse après leur complète dessiccation ; froissées entre les doigts en tout sens, elles n'éprouvent point d altération sensible ; elles jouissent de la propriété d'absorber l'huile ; propriété que l'on peut exalter à volonté en employant le moins d'huile possible en opérant le broyage de la craie, et en l'étendant d'essence de térébenthine, comme le faisait Mignard, avant de l'appliquer sur la toile. Les toiles unies, c'est-à-dire celles qui en sont recouvertes de plusieurs couches, bien que ne pouvant supporter une épreuve semblable à celle dont nous venons de parler, sont cependant beaucoup plus souples que celles préparées avec le blanc de plomb, et beaucoup plus perméables à l'huile. Enfin, si au lieu de suivre scrupuleusement la méthode de M. Rey, on se contente d'appliquer une seule couche de détrempe préparée avec de la craie ou du plâtre éteint, délayés avec un mélange de colle de peau ou de mucilage de graine de lin, on obtient une toile absorbante dont on rend facilement la sur-

(1) *Voyez* Bulletin de la Société d'Encouragement, XV[e] année.

face plus ou moins unie au moyen du ponçage ; elle est assez souple pour être roulée au besoin, et on la rend plus souple encore en passant dessus, avant de peindre, une légère couche d'huile de lin, et non du blanc broyé, comme cela était indiqué. Sans cette précaution il serait difficile de peindre sur une surface aussi absorbante, qui boirait l'huile de la couleur à l'instant même qu'elle la toucherait, et qui par cela même empêcherait qu'on pût l'étendre. Cette toile peu chargée d'impression en détrempe, imprégnée d'huile, comme nous l'avons dit, et enfin recouverte de la peinture, qui lui cède encore l'huile excédante employée en peignant, doit s'en trouver assez nourrie pour que l'on puisse penser que le tout, en séchant ensemble, doive contracter une assez grande adhérence avec le tissu pour ne point s'écailler, et ne pas acquérir assez de rigidité pour se casser.

M. De Montabert, auquel l'art de peindre est redevable d'une foule de recherches fort intéressantes sur les pratiques des peintres de l'antiquité, et principalement sur la peinture encaustique, se sert de toiles dites *à la cire*, sur lesquelles il exécute cette dernière sorte de peinture.

La préparation de ces toiles consiste tout simplement à enduire un coutil bien uni et tendu sur un châssis, d'une ou de plusieurs couches d'impression à la colle, que l'on ponce fortement lorsqu'elles sont complètement sèches ; on fait pénétrer dans ces toiles une assez grande quantité de cire blanche, en les exposant au-dessus d'un réchaud rempli de charbon incandescent.

M. De Montabert possède des peintures qu'il a exécutées sur de semblables toiles avec des couleurs préparées exprès, qui, quoique peintes depuis plusieurs années, conservent leur fraicheur à tel point qu'on les croirait terminées du jour même.

Ne pouvant entrer dans les longs détails que mériterait ce sujet, nous engageons les personnes que ce genre de peinture pourrait intéresser, à consulter le tome IX[e] du Traité de Peinture de ce savant artiste, ou lui-même, qui ne fait mystère d'aucuns de ses moyens.

Indépendamment des toiles de grandes dimensions qui ont jusqu'à 18 et 20 pieds de largeur, sans coutures, sur une longueur proportionnée, on en fabrique encore de dix-neuf grandeurs différentes qui sont exactement les mêmes chez tous les fabricans, et qui sont connues des artistes sous la dénomination de toiles de mesures.

Mesures des toiles qui ne varient jamais.

DÉNOMINATION. DES TOILES.	MESURES : LONGUEUR,		LARGEUR.		MESURES : LONGUEUR,	LARGEUR.
Numéros.	Pieds,	pouces.	Pieds,	pouces.	Mèt. millim.	Mèt. millim.
De *un*,	»	8 sur	»	6	0,215 sur	0,165
De *deux*,	»	9	»	7	0,244	0,190
De *trois*,	»	10	»	8	0,270	0,215
De *quatre*,	1	»	»	9	0,325	0,244
De *cinq*,	1	1	»	10	0,350	0,270
De *six*,	1	3	1	»	0,405	0,324
De *huit*,	1	5	1	2	0,460	0,378
De *dix*,	1	8 ½	1	5	0,555	0,460
De *douze*,	1	10 ½	1	6 ½	0,608	0,500
De *quinze*,	2	»	1	8	0,650	0,540
De *vingt*,	2	3	1	10	0,730	0,595
De *vingt-cinq*,	2	6	2	»	0,810	0,650
De *trente*,	2	10	2	3	0,920	0,730
De *quarante*,	3	1	2	6	1,000	0,810
De *cinquante*,	3	7	2	9	1,160	0,890
De *soixante*,	4	»	3	»	1,275	0,975
De *quatre-vingts*,	4	6	3	6	1,460	1,135
De *cent*,	5	»	4	»	1,620	1,295
De *cent-vingt*,	6	»	4	»	1,945	1,295

Indépendamment des diverses sortes de toiles dont nous avons parlé, les artistes peignent encore sur différentes substances, telles que les taffetas, le papier, le carton ; nous allons indiquer succinctement le moyen de les rendre propres à recevoir la peinture.

Le taffetas se prépare de la même manière que les toiles fines, seulement il faut avoir soin que la préparation à l'huile dont on le recouvre soit broyée plus finement que pour les toiles. Quelques artistes l'emploient sans impression : ils se contentent de passer un encollage dessus. Dans l'un et l'autre cas il doit présenter une surface très-unie, attendu qu'il est toujours destiné à de très-petits sujets que l'on colle sous verre, à peu près comme des miniatures.

Le papier sert le plus ordinairement aux jeunes gens qui commencent ; sa préparation est très-simple ; il suffit de passer dessus, avec une brosse plate, une couche de blanc de plomb broyé à l'huile, dans lequel on fait entrer de l'huile siccative et une assez forte proportion d'essence de térébenthine, afin d'en favoriser la dessiccation. Quand on veut conserver les études peintes sur papier, on les colle sur une toile tendue sur un châssis. (*V*. pour les détails de cette opération, l'ouvrage de M. Mérimée).

Le carton est peu employé en France, il l'est davantage en Angleterre. On doit toujours, avant de s'en servir, le faire passer sous un laminoir, afin d'en rendre les surfaces plus unies ; ensuite on les recouvre d'une ou de plusieurs couches d'impression à la colle ou à l'huile, qu'on a soin de poncer lorsqu'elles sont bien sèches ; il n'est point susceptible de se fendre comme les panneaux, il est peu hygrométrique, les vers l'attaquent rarement : on pourrait d'ailleurs le garantir complètement de ces divers inconvéniens et le rendre presque indestructible en l'imprégnant de goudron, qu'on y ferait pénétrer au moyen de la chaleur. D'après toutes ces considérations nous pensons qu'il serait très-avantageux de l'employer pour les tableaux de chevalet de moyenne dimension (1).

Il arrive souvent que les toiles des tableaux se trouvent percées par des accidens ou qu'elles s'usent par le temps. Dans l'un et l'autre cas on est forcé, pour conserver la peinture, de coller le tableau sur une toile neuve ou d'enlever complètement la vieille toile et de coller la peinture sur une nouvelle toile. Cette opération, qui porte le nom de rentoilage, présente beaucoup de difficultés, surtout quand il s'agit de remplacer complètement la vieille toile par une neuve. Les détails dans lesquels nous serions forcés d'entrer pour décrire ces diverses manipulations ne pouvant trouver place dans cet article, nous engageons à recourir aux ouvrages de MM. Mérimée et de Montabert, où elles sont parfaitement décrites, et où l'on trouvera des détails étendus sur tout ce qui a rapport aux Beaux-Arts.

Les ouvriers qui se livrent à la fabrication des toiles à peindre sont souvent atteints de la colique de plomb. Nous avons fait connaître à la Société Philomatique le moyen que nous employons pour les en préserver ; il se trouve consigné dans le procès-verbal de la première séance de janvier 1833, et consiste tout simplement à les engager à boire chaque jour un ou deux verres d'eau légèrement acidulée avec de l'acide sulfurique, et à augmenter le nombre de verres si, malgré cette précaution, ils en ressentaient quelques légères atteintes. On peut encore la combattre avec avantage quand elle commence à se déclarer, en employant la même boisson acide et l'administrant alternativement avec une tisane purgative composée de *deux onces de sulfate de soude* fondu dans un demi-litre de décoction de chicorée sauvage qu'on boit dans la matinée.

Bien qu'on ait fait usage du moyen ci-dessus indiqué, au début de la maladie, il arrive quelquefois que la constipation, qui en est le symptôme caractéristique, résiste à l'action purgative de la tisane. Alors on est forcé d'engager le malade à faire, en outre, usage de remèdes purgatifs composés de 2 onces de sulfate de soude et 1 once de séné, et répétés jusqu'à ce qu'on ait obtenu le résultat désiré.

Malgré le soulagement remarquable et presque instantané que procurent aux malades les évacuations qu'on obtient toujours à l'aide de ces moyens, si, comme nous le répétons, ils sont mis en pratique avant que la maladie ait atteint sa dernière période d'intensité, il est bon de leur conseiller d'en faire encore usage pendant plusieurs jours, en diminuant seulement la dose du sel purgatif.

(1) La maison Vivet et compagnie, rue du Roule, n° 15, s'occupe avec succès de la fabrication en grand de toutes ces diverses préparations.

Nous dònnons la préférence au sulfate de soude, parce que, indépendamment de l'action purgative qu'il exerce, nous pensons qu'il agit intérieurement sur le plomb de la même manière que l'acide qui entre dans sa composition.

Nous employons dans notre fabrique ces moyens préservatifs et curatifs depuis environ dix-huit mois et toujours avec un succès vraiment remarquable. Tous les ouvriers qui, depuis cette époque, se sont assujettis à cette simple précaution, ont été préservés de la colique; et tous ceux qui, par négligence, en ont été atteints, ont été guéris en joignant à ces moyens la diète et l'abstinence de vin. F...D.

TOISE, TOISEUR (*Arts de Calculs*). La toise est une ancienne mesure d'un peu moins de 2 mètres; on la divisait en 6 pieds (*V.* Mesure); elle est encore fréquemment employée dans les constructions.

C'est de la dénomination de cette mesure que dérive le mot de *toiser*, qui est le procédé dont on se sert pour faire l'évaluation des ouvrages faits ou à faire. Nous avons indiqué aux articles Surface, Volume, Charpente, Bois, etc., les calculs à exécuter pour obtenir ces évaluations. Nous ajouterons cependant que lorsque les corps sont irréguliers, ces calculs se font le plus souvent par approximation, et en se servant de pratiques appropriées aux objets qu'on a en vue. Par exemple, le peintre en bâtiment, pour estimer le travail des moulures, se sert d'une petite bande de parchemin qui est graduée en pouces et lignes, et qu'il courbe sur les sinuosités des moulures pour en avoir le développement. De même le maçon ne calcule les solins de plâtre, les corniches, les chaperons, etc., qu'en se réglant sur les *usages* qui l'autorisent à ajouter aux dimensions brutes certaines longueurs convenues, etc. Les mémoires sont faits ou réglés par des hommes qui sont appelés *toiseurs vérificateurs*. Fr.

TOITURE. (*Architecture.*) Les édifices sont protégés contre les eaux pluviales par une couverture qui en empêche l'accès. Des pièces de charpente, assemblées entre elles avec une grande solidité, forment une carcasse à jour qu'on appelle *comble*, sur laquelle on arrête des tuiles, des ardoises, ou des lames en tôle métallique, ou même des bottes de chaumes, les couvertures sont en pente pour faciliter l'écoulement des eaux. Tout ce qui se rapporte à ce sujet, a été exposé aux articles Comble, Couvreur, Couverture, ardoise, Tuiles, etc.

Nous nous bornerons à dire ici que,

Pour les toitures en tuiles, il faut compter 144 tuiles par toise carrée (4 mètres superficiels); le mille fait 7 toises, en grand moule. Le petit moule en exige 220 par toise; le mille ne couvre qu'environ 5 toises carrées. Il faut avoir égard en outre aux pertes causées par les solins de plâtre qui recouvrent les bords fracturés des tuiles à leur jonction aux arêtes du toit, et aussi au double rang de tuiles qu'on met à l'égout. Ces données supposent qu'on ne laisse à découvert que le tiers de la longueur de la tuile, ce qu'on appelle le *pureau*, le reste étant caché par le recouvrement de la tuile de dessus. Il faut employer 27 lattes par toise, et 108 clous pour les attacher aux chevrons.

Pour les toitures en ardoise, il faut 155 à 165 ardoises dites carrées fortes par chaque toise superficielle, outre 12 à 14 voliges et 168 clous. Il faut 2 clous par ardoise, ce qui, en comprenant les déchets, nécessite 1 livre $\frac{1}{2}$ de clous à ardoises par toise carrée. La livre de clous à ardoises en contient de 530 à 600, et fournit environ 1 toise $\frac{1}{2}$; la livre de clous de volige suffit pour couvrir 27 pieds carrés. Fr.

TOLE. Feuille de fer métallique d'une épaisseur uniforme, présentant des surfaces parfaitement lisses; obtenue soit au moyen du martinet, soit par le laminage.

La tôle a des usages nombreux; quelques-uns exigent, comme la confection des chaudières à vapeur, que la tôle ait une épaisseur assez grande; on la désigne alors sous le nom de *tôle forte*, et quelquefois de *fer noir*. La tôle destinée au fer-blanc doit au contraire être mince; la fabrication de la *tôle forte* et celle de la *tôle mince* se font l'une et l'autre, soit au moyen de martinets, soit avec des laminoirs, elles diffèrent seulement en quelques points. La tôle forte exige des foyers plus grands, et les machines employées présentent également quelques légères différences qui tiennent principalement à la puissance de pression qu'il est nécessaire d'exercer pour l'obtenir.

De la tôle forte. — La fabrication de la tôle a eu lieu pendant long-temps au moyen de marteaux; cette méthode est encore pratiquée dans quelques pays, mais elle est généralement abandonnée pour le laminage, ce qui nous engage à ne dire que peu

de mots sur cet ancien procédé. Les marteaux dont on se sert pèsent 206 à 225 kilogrammes; la panne doit avoir 36 centimètres de longueur, sur 2 centimètres de largeur; la table de l'enclume est un peu voûtée, pour hâter l'étirage : la tôle devient en général d'autant plus belle que l'enclume est plus large.

On choisit pour la fabrication de la tôle, du fer méplat d'une faible épaisseur, dont les dimensions doivent être calculées d'après l'épaisseur de la tôle qu'on veut obtenir; on chauffe les barres, soit en les plaçant sur la sole d'un fourneau à réverbère, soit sur le matelas d'un fourneau dormant. On les entrelace afin que la flamme puisse circuler librement autour des barres, et qu'elle les échauffe toutes également; lorsque les barres ont acquis la température convenable pour être étirées, température qui correspond au rouge cerise, un ouvrier les saisit au moyen d'une tenaille, et les porte sous le martinet.

On les étire d'abord dans un sens jusqu'à ce que cette dimension soit devenue le double de ce qu'elle était d'abord; on chauffe de nouveau la languette et on l'étire dans l'autre sens. Quand on fabrique de la tôle mince, on ploie les feuilles, et l'on forme ce qu'on appelle les *doublons*.

Les *languettes* ou les *doublons* sont chauffés de nouveau, et sont étirés de la même manière dans les deux sens successivement. Chaque étirage est séparé par une chauffe. Les lames de fer qu'on obtient par cette seconde opération prennent le nom de *semelles*.

On réunit, dans une troisième opération, une certaine quantité de semelles, de six à vingt, suivant l'épaisseur de la tôle, pour en former des *trousses;* afin que les semelles ne puissent se souder, on les trempe dans de l'*eau d'arbue,* qu'on fait avec de l'argile, de la pierre calcaire et de la poussière de charbon délayée dans l'eau. On chauffe alors les trousses, et on les étire en *feuilles*. Il faut ordinairement trois ou quatre chaudes pour étirer une trousse. On les passe ensuite sous un marteau qui agit avec lenteur, et dont la panne, ainsi que la table de l'enclume, est très large, et reçoit une position parfaitement horizontale.

Le *parage* terminé, on bat les feuilles avec un marteau de bois pour les rendre encore plus lisses; on les rogne ensuite de la grandeur prescrite. Les feuilles de tôle ont des dimensions très-variables : on en compte depuis dix jusqu'à cent par quintal métrique. Le prix de la tôle est d'autant plus élevé qu'elle est plus mince.

La fabrication de la tôle au moyen des cylindres présente sous tous les rapports un grand avantage, et chaque jour l'usage des laminoirs remplace celui des martinets. Cette fabrication se compose de deux opérations bien distinctes, le *dégrossissage* et le *finissage*. On emploie presque toujours des cylindres de formes différentes pour chacune de ces opérations. Les cylindres qui servent à dégrossir sont cannelés; le nombre de cannelures varie avec l'épaisseur de la tôle qu'on fabrique : quand elle doit être très-forte, on se sert généralement des cylindres à deux couronnes (fig. 1, pl. 88, *Arts chimiques*), dont la longueur varie de 0^m, 16 à 0^m,20. La couronne A sous laquelle on fait passer en premier les *languettes*, est sillonnée par de grandes *encoches* longitudinales; la seconde, B, est parfaitement plate : les diamètres de ces deux couronnes diffèrent légèrement entre eux. Dans l'usine que nous avons étudiée, le premier cylindre avait 0^m 608 de largeur entre les deux montans; le diamètre des couronnes était de 0^m,41, et la largeur de 0^m,18.

L'ouvrier a soin de placer les barres de fer en travers les cylindres, de manière que leur largeur forme la longueur des feuilles; on passe ainsi chaque barre trois ou quatre fois entre les cylindres, en ayant soin de serrer les vis convenablement. Le fer, après cette opération, est chauffé de nouveau pour être passé sous les *cylindres finisseurs*. On réunit plusieurs plaques en une trousse, après les avoir trempées dans de l'eau d'arbue; on doit toujours frapper les trousses avec force contre la plaque avant de les passer entre les cylindres, afin d'en détacher la couche d'oxide qui les recouvre, dont une partie est souvent fort difficile à enlever.

On ne parvient jamais à donner à la tôle l'épaisseur convenable en une seule fois; les trousses sont passées à plusieurs reprises entre les laminoirs, et à chaque opération elle sont échauffées.

Les cylindres sont parfaitement unis; leur diamètre varie entre 0,35 et 0,40; ceux dont nous donnons le dessin, fig. 2, ont 0^m,377 de diamètre et 0^m,90 de longueur. Ces cylindres sont quelquefois percés d'un trou cylindrique *dd,* suivant leur diamètre,

dans lequel circule de l'eau froide pendant le travail. Cette disposition, qui n'est pas généralement adoptée, empêche le cylindre de s'échauffer trop fortement dans l'opération du laminage, et de se refroidir brusquement ; par suite elle prolonge de beaucoup leur durée.

La vitesse qu'on donne habituellement aux cylindres est de vingt-cinq à trente tours par minute : il est avantageux de les faire marcher lentement.

De la tôle mince. — Elle est en général destinée à la fabrication du fer-blanc. Dans quelques usines du nord de la France, et dans la Silésie, on fabrique encore la tôle mince au moyen du martinet ; mais on peut dire que ces usines sont maintenant des exceptions. L'emploi des cylindres, avantageux pour la fabrication de la tôle forte, est encore bien plus économique pour celle de la tôle mince ; nous ne parlerons que de ce dernier procédé. Le travail se compose de quatre opérations distinctes : le dégrossissage, l'espatage, le décapage et le finissage.

1° *Dégrossissage.* — Le fer qu'on destine à la fabrication de la tôle mince est ordinairement étiré en barres de 48 lignes de largeur sur 13 à 14 d'épaisseur. Ces dimensions varient suivant les épaisseurs des tôles qu'on veut obtenir ; mais il faut toujours avoir soin de les calculer de manière à obtenir la largeur la plus forte possible, afin de ne pas avoir à engrener dans les cylindres, des barres dont l'épaisseur trop forte nuirait à la régularité de l'opération.

Ces barres, cassées à la longueur de 22 à 24 pouces, sont ensuite chauffées au rouge cerise, soit dans un fourneau à réverbère, soit dans un four dormant ; on les soumet alors à l'action des cylindres cannelés, qui, en 3 passes, les réduisent à une épaisseur de 3 lignes. Les barres ainsi réduites sont découpées en plaques qu'on appelle bidons dans les usines du nord de la France ; la longueur de ces bidons est calculée sur les dimensions qu'on veut donner aux feuilles de tôle : ordinairement on pèse les bidons découpés, le poids fournissant des données plus exactes que les dimensions. Les bidons destinés à la fabrication du fer-blanc sont calculés de manière à donner quatre feuilles.

On transforme ordinairement 3500 kil. de barres en bidons dans 12 heures de travail ; la consommation en combustible varie de 140 kil. de houille à 160 pour obtenir 1000 kil. de bidons : le déchet du fer est très faible, il ne s'élève pas au-dessus de 2 pour 100.

Les cylindres à dégrossir, pour la tôle mince, portent un plus grand nombre de cannelures que ceux employés dans la fabrication de la tôle forte ; ces cylindres sont presque toujours à vis.

2°. *Espatage* ou *bidonnage*.—Ce dernier nom est donné, dans les usines du nord de la France, à l'opération qui suit le dégrossissage. Les plaques ou bidons, dont le poids est ordinairement de 1 kil., sont de nouveau chauffés. Lorsqu'on se sert de fours dormans pour le chauffage des bidons, on en place quatre rangs en profondeur, sur huit rangs en largeur ; on les empile les uns sur les autres, de manière à ce qu'ils portent seulement par leurs extrémités ; on fait les piles d'à peu près quarante. Lorsque les bidons ont acquis la température convenable, on les soumet un à un à l'action des cylindres ; on les étend ensuite le plus possible, et on les réunit en paquets ou trousses de trois.

Dans un poste de 12 heures on passe au cylindre 250 kilogrammes de bidons, avec une consommation de 140 parties de houille.

Les paquets, composés de trois feuilles, sont au fur et à mesure placés dans un second four contigu au premier, et dans lequel on a eu le soin de faire du feu d'avance ; lorsque les paquets sont parvenus à la couleur rouge-cerise, on les soumet une seconde fois, mais par trousses de trois, à la pression des mêmes cylindres, qui les étendent à environ 30 pouces de largeur.

La consommation de houille dans cette troisième chauffe varie entre 100 et 110 kil. par 1000.

3°. *Décapage.* — Les feuilles ainsi allongées sont coupées en deux, puis décapées. Pour exécuter cette opération on les trempe dans un bain qui contient un septième d'acide sulfurique ; après les avoir fait égoutter on les place entre les dents de la grille, fig. 12, qui a la forme d'un peigne, et dont la partie inférieure est arrondie ; on met environ deux cent cinquante à trois cents feuilles dans chaque grille ; on les pousse ensuite dans le fourneau, dont on baisse la porte. La grille et les feuilles qu'elle porte forment une masse considérable qui refroidit le fourneau ; aussi faut-il souvent plus de deux heures pour que ces feuilles aient acquis la température néces-

saire pour le décapage. Cette nouvelle chauffe consomme une grande quantité de combustible : il faut moyennement 350 kil. de houille pour 1000 de trousses ; dans quelques usines on en consomme jusqu'à 400.

Le déchet varie de 5 à 8 pour 100.

Les feuilles de tôle sont, à leur sortie des fours, couvertes d'une couche d'oxide à peine adhérente : il suffit de les frapper les unes contre les autres ou de les battre une à une pour détacher cet oxide et en dépouiller complètement les plaques.

4°. *Finissage.* — Les feuilles ainsi découpées sont réunies en paquets de douze, qu'on place ensuite, soit sur la sole d'un fourneau à réverbère, soit dans des fours dormans, afin qu'ils puissent acquérir la température nécessaire au finissage. On est obligé de soumettre les paquets plusieurs fois aux cylindres pour donner aux feuilles l'épaisseur convenable ; ordinairement on les lamine trois fois, et à chaque passe il faut les chauffer de nouveau pour que le fer puisse s'étendre sans se déchirer. Cette dernière chauffe consomme environ 200 kil. par 1000. Un poste de 4 hommes finit en 12 heures 1600 à 1700 kil. de feuilles prêtes à cisailler et à être livrées aux étameurs.

En récapitulant les consommations, on voit que la fabrication de la tôle mince exige moyennement de 1000 à 1100 kil. de houille et de 1400 à 1450 kil. de fer pour obtenir 1000 kil. de feuilles.

Des fours. — On emploie dans la fabrication de la tôle des fours à réverbère et des fours dormans : les premiers sont universellement adoptés dans les usines anglaises ; les fours dormans, les seuls connus en France il y a trente ans, sont presque encore les seuls qu'on emploie dans les anciennes tôleries françaises, et principalement dans celles de l'est de la France. Nous n'avons pas assez de données économiques pour décider quels sont les fours qu'on doit préférer ; nous croyons cependant que pour la fabrication de la tôle forte les fourneaux à réverbère présentent de l'avantage.

Les fours à réverbère n'ont pas de forme particulière, ils ressemblent aux fourneaux en usage dans les fonderies, ils sont très-surbaissés ; pour ne pas exposer le fer au contact immédiat de la flamme on donne une grande hauteur au pont qui sépare le foyer de la grille. Le rempart, ouverture intérieure de la cheminée, est muni d'un tiroir qui sert à intercepter le courant d'air pendant le travail. La porte de ces fourneaux est très large, afin qu'on puisse y introduire la tôle sans difficulté. Cette porte se lève et se baisse au moyen de contre-poids ; elle est toujours placée sur le devant du fourneau.

Des fours dormans. — Dans ces espèces de fours le combustible est mis en contact avec le fer, tandis que dans les fours à réverbère les deux matières sont essentiellement séparées. Les fours dormans sont composés d'un espace rectangulaire (fig. 8, 9, 10 et 11) de 5 pieds ½ à 7 pieds de longueur, et de 3 à 4 de large ; ils sont fermés dans le fond par un mur droit, plus large en bas, pour ménager un bord *b* de 2 pouces, destiné à recevoir les crémaillères *c*, et à retenir la houille qui pourrait s'échapper entre le dernier barreau et le mur.

Les dimensions en longueur et profondeur varient suivant la dimension de la tôle à fabriquer.

La porte d'entrée est élevée de 3 à 4 pouces au-dessus de la grille, elle se compose d'un montant en fonte et de deux portes en tôle qui ferment le four. Le montant est assemblé dans le seuil de la porte au moyen de tenons. La flamme sort par la porte, et se rend dans une cheminée *f*, supportée à l'extérieur par un linteau de fonte *h*.

Le cendrier est aussi fermé par une porte de tôle à deux battans.

Le travail exigeant deux fours, on les accole ordinairement deux à deux, de manière à ce qu'ils aient un mur commun et une cheminée commune. La cheminée est extérieure. Le tirage a lieu presque exclusivement par la grille ; on lui donne un peu d'activité en fermant à moitié les deux battans de la porte ; la flamme gagne alors la cheminée plus directement. On modère le tirage en fermant plus ou moins les portes du cendrier.

La grille est composée de barreaux de fer écartés l'un de l'autre de 6 lignes : on les place dans des entailles ou crémaillères, de manière à pouvoir les enlever à volonté, soit pour remplacer ceux qui sont hors de service, soit pour nettoyer la grille.

Les barreaux de la grille étant placés, on la recouvre entièrement de houille mouillée, jusqu'à 1 pied du fond : l'espace que l'on tient découvert est destiné à produire le même effet que la chauffe d'un four à réverbère. Cette couche de houille qui couvre la grille jusqu'au niveau de la porte est tassée soigneusement avec une pelle ; on étend la

tôle sur ce lit de charbon, désigné généralement sous le nom de *matelas ;* on l'entretient bien serré, afin que l'air de la grille ne puisse le traverser et venir oxider la tôle. On renouvelle le matelas seulement trois ou quatre fois par jour; le feu est entretenu par la houille que le chauffeur jette à chaque instant dans l'espace ménagé au fond, et qui joue, ainsi que nous l'avons dit, le rôle de chauffe.

La partie du four située au-dessous de la grille est construite en briques ordinaires; celle qui la recouvre doit être en briques demi réfractaires.

Un four dormant semblable à celui que nous venons de décrire, consomme de 550 à 600 kil. de houille par 24 heures.

Des cylindres. — Les laminoirs que l'on emploie dans la fabrication de la tôle sont de deux sortes : 1° les cylindres à dégrossir, et 2° les cylindres finisseurs. Nous avons déjà annoncé que les cylindres dégrossisseurs pour la fabrication de la tôle forte, étaient composés de deux couronnes, et qu'ils portaient plusieurs cannelures lorsqu'ils étaient destinés à la confection de la tôle mince; les cylindres en usage pour finir la tôle sont toujours unis; dans quelques laminoirs les deux cylindres qui les composent se touchent; la pression est seulement le résultat du poids du cylindre supérieur, qui est soulevé par la tôle; dans les autres, à mesure que l'épaisseur du fer diminue, il faut rapprocher successivement les cylindres l'un de l'autre. On obtient ce résultat, soit au moyen de vis, fig. 3, système le plus généralement employé; soit à l'aide de coins, comme dans les fig. 5 et 6.

Cylindres à vis. — La fig. 3 représente un système de cylindres à vis; les montans B et B' portent à leur partie supérieure une vis et un écrou; trois roues dentées, M, M', M'', placées au bas des vis, communiquent le mouvement d'une vis à l'autre, de sorte que lorsqu'on tourne l'écrou V au moyen d'une clef, les deux vis reçoivent le même mouvement, et la descente du cylindre est uniforme.

Les cylindres des tôleries tournent ordinairement dans des crapaudines en fonte, et non en cuivre : le grand poids de ces cylindres détruirait le cuivre trop vite; la vitesse de ces cylindres étant très-petite, on ne craint pas, comme dans les autres, le frottement de leurs tourillons. Le cylindre supérieur est soutenu par la pièce A.

Pour donner une grande solidité à tout le système on termine les montans, ou colonnes B et B', par un tronc de pyramide carrée; on chausse dessus la pièce de base *n n'*, en sorte que les colonnes ne puissent céder à l'effort qu'elles supportent de bas en haut, qu'en faisant aussi céder la pièce de bas *n n'*, fixée aux fondations d'une manière très-solide, par des boulons représentés en *b*, *b'*, *b''*, et *b'''*, dans le plan, fig. 4.

Des cylindres à coins. — La figure 5 représente la projection verticale d'un système de cylindres à coins vu de côté, et la fig. 6 le plan à la hauteur de la base.

Ces cylindres sont montés dans des colonnnes en fer forgé, dont le pied, à queue d'aronde ou à talon, s'engage dans une base en fonte où elle est arrêtée par des coins ou par une clef.

Le cylindre inférieur repose sur des coussinets engagés et fixés dans le bas de l'entre-deux des colonnes; le cylindre supérieur est maintenu en-dessus seulement, par le coussinet supérieur, dans lequel est pratiqué un creux de forme demi cylindrique, pour recevoir le tourrillon. Ce coussinet porte à sa partie supérieure un bourrelet *l*, destiné à recevoir la pression dans le sens vertical de l'axe des tourillons; cette pression est exercée pour le chapeau *c*, qui est percé de trois trous à travers lesquels passent les deux colonnes avec assez de jeu pour pouvoir glisser facilement sans jamais brider.

L'espace g^h de la rainure que recouvre le chapeau est rempli par deux morceaux de fer; l'un fixe, de la forme *p* (fig. 7) qui porte sur le chapeau *c*, et sert de seuil à la clef, s'appelle *sous-clef*. Les mentonnets *mm'* sont destinés à empêcher cette pièce de céder aux mouvemens de la clef.

La seconde pièce *q* est la clef en forme de coin; le lamineur la pousse avec la main ou avec sa tenaille. Le dessus du coin est aciéré, et le dessus de la rainure *h* est ajusté de manière à ce que le coin porte le plus exactement possible.

Quand les cylindres s'usent tout le système descend; le surplus de la rainure *g* sert à fournir à ce changement, qui arrive assez vite lorsque les cylindres n'ont pas été trempés. Dans ce cas on interpose entre la clef et la sous-clef un ou deux morceaux de fer dressés qui remplissent alors les mêmes fonctions que la clef.

Le système de cylindres à coins est encore

peu généralement adopté. Ce système, suivant le directeur d'un établissement dans lequel les cylindres à coins sont en usage, et dont je tiens les détails qui précèdent, présente une grande solidité. Les réparations sont simples et peu coûteuses; les laminoirs à vis et à écrous sont au contraire sujets à des réparations fréquentes : lorsqu'il arrive un engorgement dans les cylindres, il faut mettre en jeu tous les ouvriers d'une usine pour soulever les cylindres avec des leviers, et souvent dans cette opération, les vis se fendent et se refoulent.

Seulement dans les cylindres à coins les fausses pressions sont beaucoup plus à craindre que dans les cylindres à vis; leur manœuvre exige des ouvriers très-exercés. Aussi dans le travail de la tôle à l'anglaise, où l'on ne touche pas aux pressions, les laminoires à vis paraissent préférables. D.

TOMBAC. (*V.* Chrysocalque.)

TONDEUSE. (*Technologie.*) Au mot Forces, nous avons décrit les instrumens dont on se sert dans les petites fabriques, et dont on se servait généralement dans toutes jusqu'au commencement de ce siècle, pour tondre les draps, et autres étoffes de ce genre.

Vers la fin de 1802, M. Wathier, de Charleville (Ardennes), prit un brevet pour une machine à tondre les draps, dans laquelle les Forces ordinaires marchent par un mouvement continu; elle est décrite, avec figures, au T. II des Brevets expirés, page 36.

Deux ans après, M. Leblanc-Paroissien, à Reims, en prit un pour une machine à tondre les draps, au T. II des Brevets expirés, page 256. Cette machine, comme la précédente, agit en mettant en mouvement des Forces ordinaires. En 1810, le même fabricant prit un second brevet pour une nouvelle machine à tondre les draps, décrite au T. VI des Brevets expirés, page 40. Cette machine n'est qu'un perfectionnement de la machine précédente.

En 1810, M. Plau, de Louviers, prit un brevet pour un mécanisme propre à faire agir, par un mouvement de rotation continu, les Forces des machines à tondre les draps. Il est décrit au T. VI des Brevets expirés, page 82.

En 1813, M. Mazeline, de Carcassone, prit un brevet pour une machine à tondre les draps à l'aide de Forces ordinaires. Ce brevet est décrit au T. VI, page 367.

En 1812, M. Jonathan Ellis, à Paris, prit un brevet pour une machine à tondre les draps, nommée *machine à forces hélicoïdes*. C'est de la date de ce brevet que doit être fixée l'époque de l'emploi en France des forces hélicoïdes pour le tondage des draps. Ce brevet est décrit au T. XIV des Brevets expirés, page 326.

Indépendamment des brevets dont nous venons de parler, on trouve encore, dans les 18 volumes des Brevets expirés, vingt-deux brevets pour le même objet, que nous n'analyserons pas. Notre but était seulement de fixer l'époque d'un perfectionnement d'une pareille importance pour nos manufactures de drap.

Parmi ces vingt-deux brevets nous remarquerons seulement les deux machines de M. John Collier, qu'il a nommées *tondeuses*. La première parut à l'Exposition de 1819; voici le jugement que porta le Jury de l'Exposition sur le mérite de cette invention.

« Cette machine est mise en action par un moteur appliqué à une manivelle; elle peut être mue à bras, ou par un manége, ou par un cours d'eau, ou par une machine à vapeur. Le drap est tondu par une action continue et sans interruption. L'opération de la tonte est exécutée avec une célérité extraordinaire.

» Le Jury a sous les yeux les déclarations délivrées par dix manufacturiers d'Elbœuf qui emploient la tondeuse dans leur fabrication. Depuis qu'ils connaissent cette machine, ils ont renoncé à tous les autres moyens de tonte; ils se louent de la célérité de son travail et de la bonté de l'ouvrage qu'elle exécute. Le Jury a décerné à M. Collier une médaille d'or. »

En 1823, M. John Collier exposa deux machines à tondre les draps, dites *tondeuses* : l'une, qui avait déjà été couronnée en 1819, dont nous venons de parler; l'autre, qui offre un perfectionnement de la première. Voici comment s'exprime le Jury :

« La tondeuse présentée en 1819 agissait sur la longueur des draps; M. Collier a modifié cette machine, et en a diminué le prix. Il a ensuite construit une tondeuse transversale qui a obtenu plus de faveur, parce que le drap se présente à l'action des lames de la même manière qu'aux forces ou ciseaux ordinaires, c'est-à-dire d'une lisière à l'autre.

» M. Collier en société avec MM. Poupart de Neuflize et Sevenne, a obtenu, en 1819, une médaille d'or pour la première

tondeuse; mais attendu qu'il présente seul aujourd'hui de grandes améliorations à cette importante machine, le jury lui décerne de nouveau une médaille d'or. »

Nous citerons aussi le jugement du jury sur une machine de cette espece, qui figura à la même exposition de 1823, présentée par M. Abraham Poupart, parce qu'il fait connaître les avantages de ces instrumens.

« Cette machine tond les draps sur la largeur, ou d'une lisière à l'autre. L'auteur nomme cette machine *tondeuse à mouvement oscillatoire et à double effet*, parce que la lame mobile coupe le poil en allant et en venant. On conduit la tonte à volonté, suivant la nature et la qualité des étoffes. Le drap n'est pas exposé, comme dans le procédé du tondage à la main, aux efforts d'un crochetage souvent réitéré. Il n'est point altéré et ne perd rien de son aunage. Les lisières sont préservées de l'action des couteaux, au moyen des coulisses qui les retiennent en faisant l'effort d'un crochetage continu, sans en avoir les inconvéniens. Tous les moteurs peuvent s'appliquer à cette tondeuse, qui peut être établie sur l'emplacement de deux tables à tondre. L'expérience ayant constaté le mérite de cette importante machine, le jury lui a décerné une médaille d'or. »

En 1827 le jury décerna une nouvelle médaille d'or à M. John Collier, qui avait exposé une nouvelle machine à tondre qu'il appelait *finisseuse*, établie d'après le même principe que la tondeuse transversale qu'il avait présentée en 1823.

« Cette dernière tondeuse, ajoute le jury, est destinée à finir les draps les plus fins; elle est beaucoup plus large que la première. Le cylindre dont elle est pourvue est armé de dix-huit lames très-rapprochées les unes des autres. »

Pour achever de faire concevoir l'effet de cette machine, nous ferons observer qu'elle est formée d'une lame droite qui repose sur le drap, comme l'une des branches des FORCES, tandis que les lames hélicoïdes tranchantes sont montées sur un cylindre qui tourne au-dessus, et tond aussi près qu'on le désire le drap qui passe au point où les deux tranchans se joignent. On peut voir les principes de cette invention dans le T. XIV, page 326, des Brevets expirés. Les brevets de M. John Collier ne sont pas encore expirés.

Cette machine ingénieuse est aujourd'hui trop généralement répandue dans toutes les manufactures pour que nous croyons nécessaire d'en donner une description plus détaillée; ce que nous ne pourrions même faire d'une manière bien intelligible qu'à l'aide de trois ou quatre grandes planches, auxquelles on peut suppléer avec avantage en l'allant examiner, soit dans les manufactures, soit chez les auteurs, qui se font un plaisir de les montrer. L.

TONNELLERIE, TONNELIER. (*Technologie.*) L'ouvrier qui fabrique des *tonneaux* se nomme *tonnelier*, et l'art qu'il exerce prend la dénomination de *tonnellerie*. Ce n'est pas seulement à la fabrication des futailles que se borne l'art du tonnelier; il s'occupe de tous les vases propres à contenir des liquides, et qui sont construits d'après le même système, c'est-à-dire formés de bandes de bois nommées *douves*, d'une longueur déterminée par la hauteur du vase, et de la largeur de 3 à 4 pouces, afin qu'elles prennent ensemble une forme à peu près circulaire plutôt qu'une forme sensiblement polygonale.

Indépendamment des futailles de toute espèce et de toute dimension, le tonnelier fabrique les tonnes, les cuves, les cuvettes, les cuviers, les barattes, les baignoires, les sceaux, les foudres, etc. Les futailles destinées à contenir les liquides de toute espèce ont à peu près la forme de deux cônes tronqués égaux réunis par leurs grandes bases; les autres vases ont la forme de cônes tronqués droits ou renversés, c'est-à-dire que les uns reposent sur leur grande base, et les autres reposent plus ordinairement sur leur petite base. La baignoire est du nombre de ces derniers; mais son plan, au lieu d'être un cercle comme les autres, est une ellipse.

Toutes les douves sont réunies entre elles par des cercles en bois ou en fer, comme nous l'expliquerons plus loin.

Si le tonnelier n'avait pas la précaution de tenir ses douves plus étroites sur la surface qui doit être dans l'intérieur du vase, que sur celle qui doit rester au dehors, il aurait beaucoup de peine à rassembler les douves, le vase ne serait pas solide, et il ne pourrait pas contenir le liquide; les douves se rencontreraient sur leur angle intérieur, un vide angulaire se présenterait au dehors et sur toute la hauteur du vase, à la rencontre de chaque douve avec sa voisine. Il est donc obligé de travailler chaque douve de manière que dans son épaisseur elle pré-

sente un talus plus ou moins incliné, selon que le diamètre du vase est plus petit ou plus grand ; chaque talus doit être le prolongement du rayon qui aboutit à la surface extérieure de la douve. Cette inclinaison, qui pourrait s'apprécier géométriquement pour chaque futaille différente, et se régler rigoureusement par un instrument d'une facile exécution, est déterminée par l'habitude de l'ouvrier, et il en approche toujours assez pour l'usage ordinaire, pour qu'on ne s'en soit pas encore plaint.

Les douves pour les futailles doivent être plus larges vers le milieu de leur longueur que vers leurs deux extrémités; cela est nécessaire, afin que la futaille présente un renflement qu'on nomme *bouge*, vers le milieu de leur longueur. Ici la difficulté est doublée, parce qu'il faut, comme dans tous les ouvrages de tonnellerie, que les douves se joignent parfaitement entre elles dans leur épaisseur. Le tonnelier leur donne la forme nécessaire en les promenant sur le fer de la *colombe*, qui est une grosse varlope portée solidement sur quatre pieds, le fer par son tranchant se trouvant sur la surface supérieure.

Lorsque les douves sont toutes préparées, l'ouvrier les assemble à l'aide d'un cercle en fer à vis, et les maintient ainsi jusqu'à ce qu'il ait placé deux cercles en bois vers un des bouts; puis il retourne la futaille après avoir fait brûler des copeaux dessous, pour dissiper toute l'humidité; enfin il la retourne, et place deux autres cercles. Nous ne nous occuperons pas ici de l'art de préparer et de placer les cercles. (*V.* Reliage des tonneaux.)

Cette opération terminée, il fait descendre, avec la masse, les douves qui se sont soulevées, pour en mettre les bouts dans un plan à peu près horizontal, et il achève, à l'aide de la varlope et du rabot, d'enlever le superflu ; ensuite il fait le *parage*, c'est-à-dire qu'il arrondit, avec l'*essette*, dans l'intérieur du tonneau, jusqu'à environ six pouces, la forme polygonale qu'affectent les douves; puis il fait le *pas-d'âne*, c'est-à-dire un chanfrein au bord des douves. Ce chanfrein est nécessaire, disent les ouvriers, pour empêcher que le bois ne *s'écale*, c'est-à-dire ne *s'écaille*.

Il fait le *jable*, c'est-à-dire la rainure qui doit recevoir le fond de la pièce. Il se sert, pour y parvenir, d'une sorte de rabot portant une petite scie au lieu de fer, et une plaque de fer qui porte sur le bout des douves, qui le dirige pour qu'il ne s'enfonce qu'à une distance égale tout au tour.

L'ouvrier place ensuite les fonds : il perce la bonde, relie bien soigneusement la futaille, et il peut la livrer.

Le bois qu'on emploie ordinairement est le chêne ou le châtaignier. (*V.* Merrain.) Pour les cercles et la manière de les fabriquer, *V.* Cerceaux (*Art de faire les*).

Le lecteur qui désirera de plus grands détails sur tous les ouvrages du *tonnelier* lira avec fruit la description de cet art dans l'Encyclopédie méthodique, *Arts et Métiers* avec beaucoup de figures.

Depuis l'époque à laquelle l'Encyclopédie méthodique a été imprimée, de grands perfectionnemens ont eu lieu; nous allons les faire connaître.

1o. Lors de l'établissement du système décimal appliqué aux poids et aux mesures, on détermina les dimensions des futailles pour contenir les liquides, de la manière suivante :

Tableau des dimensions des nouvelles futailles pour le vin, les eaux-de-vie, etc.

NOMS DES PIÈCES.	LEUR contenance en litres.	LONGUEUR intérieure.	DIAMÈTRE du bouge.	DIAMÈTRE du fond.
		Millimètres.	Millimètres.	Millimètres.
Demi-hectolitre.	50	454	389	345
Hectolitre.	100	572	400	435
Double hectolitre.	200	720	618	548
Trois hectolitres.	300	825	707	628
Quatre hectolitres. . . .	400	908	778	691
Demi-kilolitre.	500	978	838	745
Six hectolitres.	600	1039	891	791
Sept hectolitres.	700	1093	938	833
Huit hectolitres.	800	1144	980	871
Neuf hectolitres.	900	1190	1019	906
Kilolitre.	1000	1232	1056	938

Nota. Les dimensions des nouvelles futailles sont réglées de sorte que la longueur intérieure, le diamètre intérieur du bouge et le diamètre intérieur de chacun des fonds, soient dans toutes les pièces, comme les nombres 21, 18 et 16.

Nous avons donné, au mot Merrain, la longueur métrique que doivent avoir les douves au moment où on les achète pour les approprier aux différentes dimensions des futailles, dont le tableau précédent donne les dimensions intérieures.

2°. *Fabrication des tonneaux par machines.*

Depuis quelques années on a imaginé en Angleterre des moyens de fabriquer, par mécanique, des tonneaux de toute dimension, avec une très-grande perfection et une célérité qui paraît incroyable. Ce genre de fabrication existe à Glasgow, ville considérable d'Écosse, d'environ soixante mille ames de population. Glasgow, situé sur les rives de la Clyde, dans le comté de Lamark, renferme beaucoup de manufactures; celle dont nous allons parler n'est pas la moins importante; c'est un établissement très-remarquable. Ce genre d'industrie a été importé en France; il donne des résultats avantageux, et nous sommes heureux de pouvoir faire connaître les diverses manipulations qu'on y emploie.

La manufacture de Glasgow occupe douze à quinze ouvriers qui fabriquent par semaine plus de six cents barriques de toutes dimensions. On tire le bois de bouleau des montagnes de l'Écosse, et le chêne de l'Amérique septentrionale. Les bois sont amenés par un canal communiquant avec la mer, et par conséquent avec l'Écosse septentrionale. Le principal moteur est une machine à vapeur qui fait agir des scies circulaires, faites avec de la tôle d'acier, et tournant rapidement dans une espèce d'établi, fendu pour leur laisser le jeu nécessaire. Tout le bois est coupé par l'action de ces scies. Il reçoit d'abord d'une première coupe la longueur que les douves doivent avoir.

L'ouvrier pose ensuite la pièce de bois sur un chariot placé sur deux barres de fer; il l'y fixe en un instant par des presses et des vis que porte le chariot; il pousse celui-ci contre une seconde scie qui coupe le bloc dans sa longueur en autant de petites planches qu'il y a de douves dans son épaisseur. Cet effet est produit par la position d'un support qui se place plus près ou plus loin de la scie, dont on approche le bloc. Les planches ou les pièces de bois sont présentées par le bout et de champ à la scie circulaire, et poussées à bras sur l'établi, qui est bien lisse. Leur épaisseur est déterminée et réglée par l'éloignement d'un ais de bois fortement fixé à l'établi, et qui les présente aux dents de la scie circulaire tournante. En achevant de pousser de droite à gauche, vers la scie, l'équipage sur lequel est fixée la petite planche qui doit former la douve, il est évident que la scie décrira, en coupant le bois, une fente parallèle à la

courbure donnée par une planche directrice fixée sur l'établi par quelques vis à bois, contre laquelle glisse l'équipage qui porte la douve à former. On change la planche directrice toutes les fois qu'on veut construire des futailles d'une capacité différente.

Il est important de remarquer que l'équipage qui porte la planche qui doit être formée en douve ne la présente pas de manière à ce que sa surface soit perpendiculaire au plan de la scie circulaire, mais avec une légère inclinaison proportionnée au chanfrein qu'on veut donner à la douve, afin qu'elle se joigne parfaitement avec celle qui l'avoisine. Cette inclinaison, qui, comme nous l'avons fait observer plus haut, doit varier selon que la futaille augmente ou diminue de diamètre, se donne d'une manière exacte par un petit appareil fixé sur l'équipage qui porte la douve, et qui indique, par une aiguille qui se promène sur un limbe gradué, le nombre de degrés indiqués par le plan, ou par un tableau préparé pour toutes sortes de dimensions arrêtées.

Lorque le trait de scie est donné sur un bord, on ramène le châssis ou l'équipage, et l'on retourne la douve pour la façonner sur l'autre bord. Les douves n'étant jamais bien épaisses, ce trait de scie est donné promptement; ce qui permet de faire, sur chaque établi, plusieurs douves dans une minute. Comme la scie est d'un petit diamètre, elle passe, sans être gênée, dans une fente courbe ; son axe est armé d'une poulie qui reçoit le mouvement du moteur.

Il y a des établis de différentes dimensions, et des calibres de diverses courbures, suivant la grandeur et la forme des tonneaux qu'on veut fabriquer.

Comme les tonneaux confectionnés à Glasgow sont destinés au rum, les douves sont soumises à l'action d'une étuve qui en chasse le tannin.

Les scies tournantes en usage dans cette manufacture sont exposées à une prodigieuse fatigue, et ne servent jamais une demi-journée sans avoir besoin de réparation ; aussi y a-t-il un atelier uniquement destiné à réparer les lames de scies. On en coupe les dents au balancier, à la manière des emporte-pièces. La pièce de tôle d'acier qu'on taille ainsi est posée sur une plate-forme qui avance d'un cran chaque fois que le balancier tombe et emporte l'entre-deux des dents.

Les fonds des tonneaux s'exécutent aussi par le même moteur. A cet effet, on commence par coller ensemble les pièces destinées à former le fond ; ensuite on les assujettit sur une plate-forme tournante. On fait, après cela, descendre l'appareil à l'endroit marqué par la circonférence, et celui-ci, à mesure que la plate-forme tourne, enlève circulairement tout le bois superflu, et rend le fond parfaitement rond.

Pendant que le mouvement de rotation continue, on présente à la circonférence du disque deux espèces de rabots inclinées, qui font, au-dessus et au-dessous, le talus des bords du disque. L'ouvrier peut approcher ou éloigner ces faces l'une de l'autre à volonté. Cette opération est aussi prompte que toutes les autres, et remplace une façon longue et toujours moins régulière lorsqu'elle est donnée par la main du tonnelier.

Quand les douves sont assemblées on met le tonneau dans un cylindre de fer de même forme et grandeur : le tonneau repose sur une croix mobile sur un axe. Le cylindre étant placé verticalement, les douves dépassent un peu son bord supérieur, et l'on fait descendre sur ce bord un appareil composé de trois fers, dont l'un fait l'entaille dans laquelle se logera le fond, le second coupe le bord supérieur, et le troisième l'égalise. Après ces opérations on met en place des cercles de fer, et le tonneau est achevé.

Les scies circulaires et les cercles sont fabriqués dans le même établissement; les premières, avec des plaques d'acier de Scheffield, qu'on coupe et qu'on lime; les cercles sont en fer ou en bois, et courbés sans feu.

La matière des tonneaux varie suivant les usages auxquels ils sont destinés. On en fait en bois blanc pour la pêche du hareng qui a lieu dans le nord de l'Écosse, ainsi que pour rapporter le sucre des iles; on en fabrique en chêne pour le rum. Les tonneaux employés pour le sucre sont envoyés pleins de houille aux Antilles; ceux destinés au rum sont expédiés pleins d'étoffes de coton, qui sont ainsi garanties de toutes espèce d'humidité. Cela vaut mieux que le meilleur emballage : celui-ci a l'avantage d'être lui-même une marchandise qui augmente de prix par l'usage qu'on en fait.

D'autres tonneaux s'expédient sans être montés en cercles : on fait des bottes de douves toutes préparées, qui, arrivées au lieu de leur destination, ont seulement besoin d'être cerclées : elles vont principale-

ment aux possessions anglaises d'Amérique et aux États-Unis.

Dans la même fabrique, et par les mêmes procédés, on refend des planches extrêmement minces pour faire des tamis, et des feuillets de bois précieux pour la marqueterie et l'ébénisterie, pour couvrir le dos des brosses, etc. Avec les rognures du bois on fait de l'acide pyroligneux qui sert de mordant à la teinture, etc., et du goudron excellent pour la marine, etc. On met aussi à profit le résidu charbonneux.

Il s'est formé en France plusieurs manufactures dans ce même genre, dont les brevets d'invention ou d'importation ne sont pas encore expirés, et que nous ne pouvons par conséquent pas décrire; il suffira de les indiquer.

En 1817 M. Léonor Thomas, à Caen et à Mannivelle-le-Raoul, près d'Honfleur (Calvados), prit un brevet d'importation et de perfectionnement de 15 ans; pour des procédés de fabrication de barils, tonneaux, tonnes et vases de même nature. Il est expiré en 1832. Ce brevet a été cédé à MM. Joannot de Crochart et Couret, à Paris, rue de Provence, nº 17.

En 1821 M. Joannot de Crochart, à Paris, prit un brevet d'invention et de perfectionnement de 15 ans, pour des machines et mécaniques propres à fabriquer toute espèce de tonnes, tonneaux et autres vases en bois. Il expirera en 1836.

En 1828, M. Legendre, à Ecquainville, canton de Beuzeville (Eure), prit un brevet d'invention de 15 ans, pour des procédés mécaniques de fabrication de barils, tonneaux et autres vases de même nature. Il expirera en 1843. L.

TONTINE. On donne ce nom à une rente viagère fondée avec condition de réversibilité de cette rente sur les survivans de la société constituée. Ainsi plusieurs personnes d'âge à peu près le même s'unissent en *classe*, et font chacune le placement en rente d'un capital égal. La jouissance de chacune est éteinte par son décès et sa rente est partagée entre tous les survivans. Cette condition s'exécute jusqu'au dernier vivant, qui jouit à lui seul des revenus de tous ses coassociés, jusqu'au terme de son existence; et le plus souvent, à cette époque, la société fondatrice, ou le gouvernement, hérite du capital.

Les tontines offrent au premier abord des apparences qui sont de nature à séduire les esprits peu éclairés : on se croit propriétaire, pour une faible mise de fonds, de revenus considérables, dans un âge avancé, auquel précisément les dons de la fortune deviennent plus nécessaires. Mais ces espérances séduisantes s'évanouissent bientôt quand on songe aux chances contraires. En effet, dans l'espoir de s'enrichir en vivant plus long-temps que ses coassociés, le rentier consent à se priver de l'accroissement de revenu qu'il obtiendrait en plaçant ses fonds en rente viagère : c'est une sorte de pari à qui vivra davantage. Mais tous les sociétaires de la tontine se promettent les les mêmes chances; ils ne consentent à en faire partie qu'autant que leur force de constitution donne des fondemens à leur présomption. Il en résulte que la marche des décès est très-lente d'abord; que l'accroissement de revenu est presque nul; et qu'enfin lorsque, dans un âge avancé, la mort vient frapper plus de rentiers, les survivans n'ont eux-mêmes que bien peu de jours à jouir de leur héritage. La grande fortune dont, par un hasard entre mille, on est alors doté, ne dure qu'un mois, ou même moins encore. Ainsi les tontines, immorales comme la plupart des constitutions viagères, sont des déceptions qui punissent l'avidité des contractans.

La plus célèbre des tontines est celle de La Farge, qui n'a été qu'un plus grand scandale public servant à prouver la mauvaise foi des administrateurs et fondateurs, et l'ignorance des hommes d'État qui ont favorisé ou approuvé cette entreprise. Depuis cinquante ans que cette tontine existe, il y a encore beaucoup de sociétaires qui n'ont pas touché un denier d'intérêt de leurs fonds, et cela quoique les malheurs des temps semblent avoir accru les chances de mort. Avec une habile perfidie, les créateurs ont pris pour base de leurs promesses les tables publiques de mortalité; et ces tables, comprennant la population entière du royaume de France, étaient bien loin de convenir aux personnes qui venaient s'y intéresser, lesquelles étant de la classe aisée, ne sont pas soumises aux influences qui accablent la multitude des masses populaires.

Quant à la manière de calculer les bases d'une tontine, on cherche l'INTÉRÊT du capital déposé par la classe entière, à laquelle on applique ensuite, pour trouver les chances particulières à chaque individu, les tables de mortalité propres à ce genre de ren-

tiers, afin d'évaluer le nombre de survivans de chaque âge. *Voy.* les articles ANNUITÉ, ASSURANCE, ARITHMÉTIQUE. FR.

TONTISSE. (*Technologie.*) On donne le nom de *tontisse* à la laine qu'on retire de la tonture des draps; on l'emploie dans la fabrication des papiers peints, veloutés. Au mot PAPIERS PEINTS nous avons décrit leur préparation et leur emploi. L.

TORDEUR. (*Technologie.*) Nous avons décrit cet art au mot RETORDEUR. Les mots *tordeur* et *retordeur* sont synonymes. L.

TORON. (*Technologie.*) Dans l'art du *fabricant de cordages*, on désigne sous le nom de *toron* un fil ou, pour parler plus exactement, un assemblage de plusieurs fils ou de faisceaux de fils qui, réunis entre eux par le travail du fileur, forment une petite corde qui devient l'élément de toute espèce de cordage. C'est ainsi que l'on combine deux *torons* pour former la corde qu'on nomme *bitord*; qu'on en *commet* trois pour le *merlin*, etc. *V.* au mot CORDAGES (*Fabrication des*).

TORSION. (*Arts physiques.*) Les phénomènes que présente la torsion tiennent si intimement à la nature des substances et au mode d'union de leurs molécules, que tous les effets physiques en éprouvent l'influence. Nous devons donc examiner avec soin leurs causes, ce qui nous conduit à en donner ici l'analyse.

Quand on tord un fil de métal ou de toute autre substance, le fil fait effort pour se détordre; cet effort est ce qu'on appelle *la force de torsion*. Soit par exemple, *ap* (fig. 19, Pl. 18, des *Arts physiques*) un fil de métal fermement arrêté en *c* par une pince à l'aide d'une vis *s*, et tendu par un poids cylindrique P suspendu à ce fil *ap*, de manière que le fil se prolonge suivant l'axe du cylindre. Concevons un index P*o* fixé à la base du cylindre pour marquer les degrés sur un cercle *no* concentrique au cylindre. Cet appareil, imaginé par Coulomb, est appelée *balance de torsion*; on s'en sert fréquemment en physique pour mesurer de très-petites forces par des procédés variables selon leur nature, mais analogues à ce qu'on va expliquer.

Le poids *p* étant en repos, faisons pirouetter le cylindre autour de son axe, en faisant décrire à l'index P*o* un axe *on*; le fil de métal sera tordu par cette action; et si on l'abandonne ensuite à lui-même, la tendance élastique de ses particules à reprendre leur situation primitive le fera détordre; l'index P*o* retournera vers sa première place, la dépassera, en vertu de la vitesse acquise, et s'éloignera du côté opposé à P*o*, jusqu'à ce que la torsion du fil en sens contraire, résistant à cette action, l'épuise peu à peu. L'index aura alors un petit temps de repos, d'où il partira pour rétrograder vers *o* et obéir à la force de torsion, par un effet semblable à celui qui a été exercé; il sera ramené en *o*, puis continuera à marcher vers *n*; et ainsi de suite. L'index oscillera ainsi de part et d'autre du point *o* de station primitive, à la manière d'un pendule, jusqu'à ce que ses excursions étant graduellement diminuées par la résistance de l'air et l'imparfaite élasticité du métal, il revienne enfin au repos. L'angle *o*P*n* dont on a poussé d'abord l'index en tournant le fil, est ce qu'on appelle l'*angle de torsion*, et l'action par laquelle les oscillations sont produites est la *force de torsion*.

Si l'élasticité du fil de métal était parfaite, et si l'expérience avait lieu dans le vide, le cylindre oscillerait perpétuellement, et les excursions se feraient dans des arcs toujours égaux à l'arc primitif, des deux côtés du point *o*. Mais comme ces conditions n'existent pas, on peut, en observant le décroissement des amplitudes oscillatoires, et faisant la part des effets de la résistance de l'air, déterminer les lois de la force élastique de torsion, ainsi qu'on va le voir.

Les expériences de Coulomb pour trouver ces lois ont été faites avec trois fils de fer ou cordes de pianos, et trois fils de cuivre à peu près de mêmes dimensions que les premiers; la table suivante indique ces élémens des expériences.

NATURE des fils.	NUMÉROS des fils.	POIDS d'une longueur de 6 pieds.	POIDS capable de rompre les fils.
Fils de fer. . . .	Nos 12	5 grains.	3 livres.
	7	14	10
	1	56	33
Fils de laiton. .	12	5	2 livres 3 onces.
	7	18 $\frac{1}{2}$	14
	1	66	22

Ces fils ont été fixés successivement sur la balance de torsion, fig. 19, et suspendus à différens poids cylindriques du diamètre constant de 19 lignes. La table suivante indique les circonstances et les résultats des expériences.

NATURE des fils.	Nos des fils.	LONGUEURS des fils.	POIDS du cylindre	Limites des torsions pour des vibrations isochrones.	Temps employé à faire 20 oscillations.
Fils de fer. .	Nos 12	9 pouc.	$\frac{1}{2}$ liv.	180°	120″
	12	9	2	180	242
	7	9	$\frac{1}{2}$	180	42
	7	9	2	180	85
	1	9	2	45	23
Fils de laiton.	12	9	$\frac{1}{2}$	360	220
	12	9	2	360	242
	7	9	$\frac{1}{2}$	360	57
	7	9	2	360	110
	7	36	2	1080	222
	1	9	2	50	32

Dans ces expériences, l'angle de torsion n'est pas assez considérable pour altérer l'élasticité du métal, et l'index revient toujours au repos au point *o*, dans sa situation primitive; ce qui n'arriverait pas pour des angles qui passeraient une certaine limite.

Comme dans ces épreuves les vingt oscillations étaient sensiblement isochrones, on peut regarder comme une loi fondamentale, que dans tous les fils de métal, lorsque les angles de torsion ne sont pas très-considérables, *la force de réaction due à la torsion est sensiblement proportionelle à l'angle de torsion.*

En désignant par T le temps d'une oscillation, M. le poids du cylindre, *a* son rayon, *n* un facteur constant dépendant de la nature, de la longueur et du diamètre du fil de métal, Coulomb trouve la formule suivante:

$$n\,T^2 = Ma^2.$$

C'est en comparant le mouvement de l'index à celui d'un pendule, que cette équation a été obtenue; nous ne pourrions, sans nous jeter dans des détails étendus d'analyse, donner ici cette démonstration pour laquelle nous renverrons à notre Mécanique, n° 194, et à celle de M. Poisson, n° 253.

Comme toutes les expériences ont été faites avec les poids $\frac{1}{2}$ et 2, ayant même diamètre, il est clair que la constante *n* est proportionelle à $\frac{M}{T^2}$.

Comparant ensemble les épreuves 1 et 2, 3 et 4, 7 et 8, 9 et 10, on voit qu'avec le

même fil le poids de 2 livres accomplit ses oscillations dans un temps double du poids de ½ livre. Ainsi 242″, 85″, 442″ et 110″, sont à fort peu près les doubles de 120″, 43″, 220″, et 57″; et puisque $\sqrt{\frac{1}{2}}$ et $\sqrt{2}$ sont dans le même rapport que 1 et 2, il s'ensuit que *les durées des oscillations sont entre elles comme les racines carrées des poids tendans.*

Il en résulte qu'un plus ou moins grand degré de tension n'a pas un effet sensible sur la force de torsion. Cependant à l'aide d'expériences faites avec des tensions très-grandes relativement à la force du fil, Coulomb a reconnu que ces tensions affaiblissaient un peu la puissance de torsion. En effet le fil s'allonge évidemment quand la tension s'accroît, et son diamètre diminue; les oscillations doivent en conséquence diminuer aussi.

En considérant combien la force de torsion serait influencée par la longueur du fil, il est évident que plus cette longueur croît, et plus, sans changer le degré de torsion, le nombre des révolutions est grand. Donc, pour le même nombre de révolutions, la force de réaction due à la torsion est en raison inverse de la longueur du fil. Pour le même poids, la formule ci-dessus prouve

que T est proportionnel à $\sqrt{\frac{1}{n}}$; ensorte

que si, comme la théorie l'indique, n est en raison inverse de la longueur du fil, T est proportionnel à la racine carrée de cette longueur. En comparant les expériences 10 et 13, on voit que les fils sont longs de 1 et 4, quand les durées des oscillations sont 1 et 2. Il s'ensuit donc que *les temps employés à faire le même nombre d'oscillations, lorsque les mêmes fils sont tendus par les mêmes poids, sont comme les racines carrées des longueurs des fils,* ainsi que nous l'avions annoncé.

Si nous conservons aux fils les mêmes longueurs et les mêmes tensions en faisant varier leurs dimensions, nous voyons que *les durées des oscillations sont réciproques aux poids des fils.* Ainsi, dans les trois expériences sur des fils de fer tirés par le poids 2, ces durées sont 242″, 185″ et 23″, les poids étant 5 grains, 14 grains et 56 grains. Or, $242 \times 5 = 1210$, $85 \times 14 = 1190$, et $23 \times 56 = 1288$, produits à peu près égaux, sauf les petites erreurs des observations; on voit donc que les temps sont en raison inverse des poids.

Lorsque les fils sont de même nature et que leurs longueurs et leurs tensions restent les mêmes, *la force de torsion est proportionelle à la quatrième puissance des diamètres des fils.* Cela résulte de ce que n est proportionnel à $\frac{M}{T^2}$, ou plutôt à $\frac{1}{T^2}$, puisque les poids sont égaux; et de ce que les durées sont elles-mêmes en raison inverse des carrés des diamètres des fils. Au reste, cette loi se vérifie aussi par les résultats des expériences citées.

De toutes ces observations il suit qu'en général, *pour des fils de même métal, le moment de la force de torsion est directement en raison composée de l'angle de torsion et de la quatrième puissance du diamètre, et inversement comme la longueur des fils.* Ainsi la force F de torsion est exprimée par

$$F = \frac{\alpha BD^4}{l};$$

formule où α est un coefficient dépendant de l'élasticité du métal, mais constant pour un même métal; l est la longueur du fil, D son diamètre, et B l'angle de torsion.

Pour déterminer le nombre n de la première équation, on se servira des expériences citées. En prenant les fils du n° 12, Coulomb trouve, par une moyenne, que $n = 0.0014$ pour le fil de fer; et $n = 0,00042$ pour le fil de cuivre; d'où il conclut que la force du fer est à celle du laiton à fort peu près comme 3,34 à 1, ou environ le triple et un tiers.

Nous n'avons considéré que le degré de torsion suffisant pour que le fil revienne à son premier état après une série d'oscillations; pour savoir si la résistance de l'air exerce une action dans le décroissement des amplitudes, Coulomb a fait des expériences. Le poids qu'il a employé pour tendre le fil avait 26 lignes de hauteur et 19 lignes de diamètre. Il façonna en papier très-mince un cylindre de même diamètre, haut de 70 lignes, et il en enveloppa ce cylindre, ce qui n'en augmenta que très-peu le poids; si la résistance de l'air eût exercé de l'influence sur le mouvement de ce corps, elle eût été très-sensible; mais les oscillations furent sensiblement les mêmes. Avec un autre cylindre de papier de 78 lignes de haut ou trois fois la hauteur du cylindre de plomb, les

effets de la résistance de l'air auraient dû être triplés, et il ne remarqua aucun ralentissement; d'où il conclut que la diminution de l'amplitude des excursions provenait de l'imperfection de l'élasticité du fil.

Il fit ensuite des épreuves avec des angles de torsion plus grands, de manière que l'index ne revînt pas à sa position primitive; si l'angle de torsion, par exemple, était de 180°, et qu'au lieu de revenir au point de départ, l'index fût ramené à 10° de ce point, il disait que le centre de torsion était déplacé, et avançait de 10°; c'était de part et d'autre de ce point que s'exécutaient les excursions, et non plus des deux côtés du point de départ primitif.

Pour observer, par la diminution des oscillations, combien la force de torsion était altérée dans le mouvement, il se servit du fil n° 1 avec une longueur de 6 pouces et demi, chargé d'un poids de deux livres. Lorsque l'angle de torsion variait dans la raison double, 11° ½, 22° ½, 45°, 90°, il trouvait que les oscillations perdues étaient respectivement 45, 23, 10½, 3½, et que les degrés perdus étaient 10 pour toutes les épreuves. Lorsque l'angle de torsion excédait 90°, le centre de torsion était déplacé selon la loi exprimée dans la table suivante :

ANGLE de torsion.	DÉPLACEMENT SUCCESSIF du centre de torsion.	DÉPLACEMENT TOTAL du centre de torsion.	ANGLE sous lequel le fil se détord de lui-même.
½ cercle.	8	8	172
1	50	58	310
2	310	1 cercle + 8	410
3	1 cercle + 300	2 + 308	420
4	2 + 290	5 + 238	430
5	3 + 280	9 + 158	440
6	4 + 260	14 + 58	460
10	8 + 240	22 + 298	480
14 Le fil s'est fendu en deux dans le sens longitudinal.			

La 1re colonne contient l'arc de torsion selon lequel l'index a été tourné; la 2e, ce qui manquait à cet arc pour que l'index revînt à sa place, ou le déplacement qu'avait éprouvé le centre de torsion; la 3e contient le déplacement total qu'on trouve en ajoutant chaque nombre de la 2e colonne à tous ceux qui le précèdent; enfin la 4e donne l'effet produit par la réaction de la torsion du fil, ou l'arc dont l'index a rétrogradé vers son point de départ. On obtient ces nombres en retranchant ceux de la 2e colonne de ceux de la 1re.

Des expériences faites avec de petits arcs de torsion on conclut qu'au dessous de 45° les altérations sont sensiblement proportionnelles aux amplitudes, et qu'au-dessus de 45° elles s'affaiblissent dans un beaucoup plus grand rapport; ce qui prouve que la torsion ajoute de l'élasticité aux fils. La table prouve que le centre de torsion ne commence à se déplacer que quand l'arc est voisin de 180°; que ce déplacement augmente à mesure que la torsion croît; qu'il est irrégulier jusqu'à ce que l'arc de torsion soit de 310°, et qu'au-delà l'angle de réaction de torsion reste à peu près le même pour tous les angles de torsion. Dans la 4e expérience, par exemple, où le fil est tordu de trois circonférences, le déplacement est d'une circonférence plus 300°; en sorte que la réaction n'a ramené l'index que de 420°; tandis que dans la 7e expérience, après un déplacement de 14 cercles + 58°, l'index n'a rétrogradé que de 460°.

Coulomb a aussi employé à ses expériences le fil de fer n° 7, avec une longueur de 6 pouces ½, et est arrivé à des conséquences semblables. C'est sur ces faits qu'il a établi la théorie suivante de l'élasticité et de la cohésion des métaux.

Les particules intégrantes de tous les fils de métal ont une élasticité qu'on peut considérer comme parfaite, c'est-à-dire que les forces nécessaires pour comprimer ou dilater ces particules sont proportionnelles à la

dilatation ou compression qu'elles éprouvent. Ces particules cependant sont jointes ensemble par la cohésion, force constante et absolument différente de l'élasticité. Par les premiers degrés de torsion les parties intégrantes changent de forme et sont allongées ou comprimées sans aucun changement de place dans les points par lesquels elles adhèrent, parce que la force nécessaire pour produire ces premiers degrés de torsion est moindre que la force de cohésion; mais lorsque l'angle de torsion devient tel que la force par laquelle les parties sont comprimées ou dilatées est égale à la cohésion qui joint ces parties intégrantes, alors elles doivent se séparer et glisser l'une sur l'autre. Ce glissement a lieu dans tous les corps ductiles; mais si, par ce glissement des particules l'une sur l'autre, le corps est comprimé, l'étendue des points de contact et l'étendue du champ d'élasticité deviennent plus grandes. Comme ces parties intégrantes ont une figure déterminée, l'étendue des points de contact ne peut augmenter que jusqu'à un certain terme, passé lequel le corps se rompt. Cette vue de la différence entre les causes de l'élasticité et de la cohésion a été confirmée par une expérience dans laquelle Coulomb variait à volonté la cohésion sans changer l'élasticité : il amenait un fil de cuivre à la température de la chaleur blanche, ce qui réduisait tellement sa cohésion, qu'il pouvait à peine porter 12 ou 14 livres, au lieu de 22 qu'il portait à l'instant de sa rupture dans l'état ordinaire; et quoique la cohésion fût ainsi diminuée presque de moitié, et que l'amplitude de l'élasticité fût affaiblie à peu près dans le même rapport; cependant, dans l'étendue de la réaction élastique qui restait, l'élasticité était la même pour le même angle de torsion que lorsque le fil n'était pas chauffé; et sous la tension du même poids, le nombre d'oscillations était le même dans un temps égal. Il résulte de là qu'*en modifiant la cohésion et l'élasticité des fils, on n'altère pas leur force de torsion*, quand les écarts ne dépassent pas la limite de réaction; seulement l'amplitude est d'autant plus grande que le fil est plus élastique.

Pour confirmer ces idées, Coulomb soumit aux expériences des lames d'acier à un appareil semblable à celui de la fig. 20. Une extrémité A de la lame était fixée entre deux plaques de cuivre E, à l'aide du valet CD et de la vis V. La lame avait 11 lignes de large, une demi-ligne d'épais, et sa longeur de *a* à B (où un poids P était suspendu) était de 7 pouces. Il mesurait la quantité dont l'extrémité était descendue sous l'effet du poids P, à l'aide d'une échelle graduée MN.

Lorsque la lame d'acier était chauffée à blanc et trempée très-dure, il la chargeait des poids suivans :

P = ½ livre, descente du bout B =	8 lignes ½
1	15 ½
1 ½	23

Il chauffait ensuite la lame jusqu'à lui donner la trempe violette, ce qui la ramenait à l'état d'un excellent ressort, et lorsqu'il la soumettait à l'appareil avec les mêmes poids, la descente était absolument la même. Il la chauffait ensuite à blanc et la laissait refroidir très-lentement, et les mêmes effets étaient produits par les mêmes poids.

Dans ces trois preuves, les premiers degrés de la force d'élasticité n'avaient souffert aucun changement; les mêmes poids produisaient les mêmes degrés de flexion, et en ôtant ces poids la lame revenait à la direction horizontale.

Pour déterminer la force des lames dans ces différens états, Coulomb tailla trois lames dans une plaque d'acier anglais, exactement semblables à celle qui venait d'être éprouvée; et ayant trempé l'une à la chaleur blanche, l'autre à la violette, et laissant refroidir la 3ᵉ lentement de la chaleur rouge, il mit ces lames successivement dans l'appareil et suspendit les poids en B, à 2 pouces et demi de *a*. La 1ʳᵉ lame rompit par 6 livres; mais à quelque angle qu'on l'ait portée sous l'effort de poids moindres, elle reprenait toujours la direction horizontale. Il fallut un poids de 18 livres pour rompre la 2ᵉ lame, qui était arrivée à un angle à peu près proportionnel à la force qui avait agi; la 3ᵉ lame était courbée par un poids de 5 à 6 livres, proportionnel à cette force, et sous un angle exactement égal, pour la même force, à celui où elle était courbée dans ses deux premiers états; mais ensuite, en appliquant la force perpendiculairement à la lame pour conserver la même longueur au levier, une force de 7 livres suffisait pour la courber dans tous les angles, et quand on ôtait le poids, elle revenait seulement de la quantité où un poids de 6 livres l'avait d'abord courbée; en sorte que l'angle de réaction de la réflexion était changé en un autre sous lequel

la courbure avait été produite par une force plus grande que 7 livres.

Ces dernières expériences donnent les mêmes conséquences que les précédentes. Il est visible que pour se faire une idée de ce qui se passe dans la flexion des métaux, il faut distinguer la force élastique des particules intégrantes, de la cohésion qui les joint entre elles. Cette force élastique dépend, comme on a vu, de la compression et de la dilation, qui sont des élémens de l'expérience, et est toujours proportionnelle aux forces comprimantes ou dilatantes; ces particules intégrantes ne sont pas altérées par la trempe, puisque dans les divers états l'élasticité est la même, sous les mêmes degrés de flexion.

Mais les mêmes particules ne sont jointes que par un certain degré de cohésion qui dépend probablement de leurs figures et des divers fluides dont leurs pores sont remplis, et qui varient selon l'état de la trempe. Dans de l'acier trempé dur et dans les bons ressorts, les particules ne peuvent glisser l'une sur l'autre, ni éprouver le moindre déplacement, sans que le corps se brise; mais dans les corps ductiles ou les métaux non trempés, ces particules peuvent glisser, se déplacer, sans que la cohésion soit sensiblement altérée.

Ce qu'on vient de dire des métaux peut s'appliquer à tous les corps; leurs molécules ont toujours une élasticité parfaite, mais la substance est dure, ou molle, ou fluide, selon le degré de cohésion. Si dans les corps durs elles peuvent glisser l'une sur l'autre sans que leurs distances mutuelles soient sensiblement altérées, la substance sera ductile ou malléable; dans le cas contraire, le corps se rompt lorsque la force qui le comprime ou le dilate est égale ou supérieure à la cohésion.

Comme la balance de torsion sert à un grand nombre d'expériences très-délicates, on lui donne une forme un peu différente de celle de la fig. 19.; l'aiguille *b* (fig. 21) est suspendue au fil *ab* en métal, en lin, en soie, ou de toute autre matière, selon les conditions de l'expérience qu'on veut faire. Ce fil est suspendu par un petit poids *b*, à la base supérieure d'un cylindre *a*; cette base peut tourner autour de l'axe marqué par le fil, et des degrés à la circonférence indiquent l'arc de rotation; un cylindre de verre protége l'appareil contre les agitations de l'air, et porte à la hauteur de l'aiguille un autre cercle gradué. En prenant des fils longs et fins, on peut avec cette balance mesurer des puissances attractives ou répulsives très-faibles; car en opposant cette force au bout de l'aiguille, en l'y mettant en présence, on voit de combien on peut faire tourner l'index du cylindre supérieur, pour mettre en équilibre les forces proposées. Les expériences sur l'électricité, sur la densité de la terre, ont été faites avec cet ingénieux appareil. Fr.

TORTUE. La tortue est un animal de la classse des reptiles et de l'ordre des chéloniens, qui a pour caractère spécial d'avoir le corps recouvert de plaques écailleuses d'une couleur noirâtre, parsemées de marbrures jaunâtres. L'ensemble de cet appareil ou boîte osseuse, qui est destinée à recouvrir le corps de l'animal et à le protéger, se nomme *carapace*.

Il existe un grand nombre d'espèces de tortues; mais celle qui fournit l'*écaille*, dont il se fait un commerce si considérable, habite particulièrement les mers équatoriales et se nomme *caret* (testudo *caretta* de L.). Son poids varie depuis 50 jusqu'à 400 livres, et donne, terme moyen, de 2 à 4 livres d'écaille. (*V*. Écaille.)

La chair de la tortue terrestre est blanchâtre et bonne à manger; on l'emploie quelquefois en médecine pour préparer des bouillons, en raison de la grande quantité de gélatine qu'elle contient. Elle entre aussi dans la composition du sirop de tortue. R.

TOUAGE. (*Arts mécaniques*.) On appelle ainsi le procédé dont on fait usage pour remonter le courant des rivières en prenant un point d'appui sur la rive et y attachant la corde qui retient le bateau; puis, à l'aide d'une force motrice et d'un treuil appliqués sur le bateau même, on tire à soi le point d'appui. Ce procédé a été exposé à l'article Remorqueur, auquel nous renvoyons. Fr.

TOUR. (*V*. Treuil.) Fr.

TOURBE. On donne ce nom à une substance d'un brun noirâtre, terne, légère, spongieuse, formée de débris végétaux entrelacés, et reconnaissables quoique mélangés de terre et déjà décomposés en partie.

Parmi les combustibles que l'on peut utiliser dans les arts et l'économie domestique la tourbe tient un rang élevé, surtout en raison de son abondance dans certaines localités. Elle offre encore un grand intérêt par sa facile reproduction, qui cependant

n'est pas encore suffisamment démontrée.

La variété désignée sous le nom de *tourbe des marais* comprend les masses de tourbe les plus importantes; elle se trouve en effet en couches très-abondantes et plus ou moins épaisses dans des terrains marécageux qui autrefois ont servi, ou qui servent encore de fond à des lacs d'eau douce: ces couches horizontales sont quelquefois nues, mais souvent recouvertes par un lit de sable ou de terre végétale dont l'épaisseur s'élève rarement au-delà de quelques pieds.

La tourbe est parfois divisée en divers lits par de minces dépôts de limon, de sable ou de coquilles fluviatiles. L'étendue des tourbières varie beaucoup, et dépend sourtout de celle de l'amas d'eau dans lequel elles se sont formées. On en trouve en Hollande qui offrent une surface considérable, tandis que dans les vallées des hautes montagnes, telles que les Alpes ou les Pyrénées, il s'en rencontre qui n'ont que 20 ou 30 pieds de diamètre. L'épaisseur du lit de tourbe ne varie pas moins, souvent elle est de 3 ou 4 pieds seulement, tandis qu'en Hollande elle atteint jusqu'à 30 pieds.

La tourbe tire son origine de l'altération des végétaux accumulés après leur mort au fond des marais ou des lacs, et stratifiés pêle-mêle avec le limon, et les plantes aquatiques qui vivaient dans ces lieux. Il suffit d'observer les touffes épaisses de graminées qui tapissent les marécages pour comprendre la formation de la tourbe. Chaque année ces lits augmentent d'épaisseur, et les végétaux qui s'y développent finissent par se trouver à une distance assez grande du sol, dont ils sont séparés par une couche épaisse de débris ou de racines entrelacées. Des masses semblables, submergées et enfoncées sous un dépôt terreux, ont dû, par leur lente décomposition, donner naissance à la tourbe. Cependant tous les marais n'en présentent pas; ce qui démontrerait que sa production exige des végétaux particuliers ou des circonstances spéciales.

L'exploitation des tourbières s'exécute avec facilité; leurs couches étant toujours superficielles, on les découvre, puis on enlève la tourbe plus ou moins méthodiquement.

On distingue les parties supérieures des couches de celles qui sont plus profondément placées. Les premières, très-fibreuses et composées d'un lacis de végétaux bien distincts, portent le nom de *bousin;* les autres, compactes et formées de végétaux presque entièrement altérés, donnent la *tourbe limoneuse*. La tourbe limoneuse, plus compacte, plus estimée que le bousin, est exploitée avec plus de soin; d'ailleurs la couche de bousin est toujours la moins puissante; on l'enlève à la bèche ordinaire, et on la moule grossièrement en briques de forte dimension qu'on fait sécher à l'air ou au soleil.

En France la tourbe limoneuse s'exploite autrement. Lorsque, par suite de l'extraction du bousin, la couche compacte a été découverte, on la coupe en briques au moyen d'une bèche nommée *louchet,* munie d'une oreille coupante pliée à angle droit. Ces briques sont de même séchées au soleil et à l'air. Le louchet porte quelquefois deux oreilles coupantes, quelquefois aussi celles-ci sont réunies par une lame de fer qui donne à l'outil la figure d'une caisse rectangulaire dont les bouts sont ouverts. Lorsque la tourbe est couverte d'eau, il faut absolument faire usage de la drague. On extrait aussi de la tourbe en bouillie que l'on met d'abord sur un terrain légèrement incliné, pour qu'elle s'épaississe en s'égouttant par l'écoulement de l'eau. On la moule ensuite en BRIQUES par les procédés ordinaires, dans des moules de bois dont les bords peuvent être garnis de cuivre.

Tels sont les procédés suivis dans les tourbières de la France, de l'Allemagne et de la plupart des autres pays. Ceux que l'on pratique en Hollande en diffèrent beaucoup; ils sont bien connus par la description soignée qu'en a donnée M. Dejean, dans les Annales de Chimie (T. XXXIV, page 225.) Les détails suivans sur ce mode d'exploitation sont extraits de son mémoire.

Le bousin et les variétés de tourbe qui s'en rapprochent sont toujours exploités au louchet et moulés grossièrement; mais la tourbe limoneuse s'exploite d'une manière toute spéciale.

On découvre le lit de tourbe; on extrait celle-ci d'abord au louchet, puis au moyen d'une drague. Les dragues que l'on emploie chez nous, en pareil cas, consistent en un sceau de fer; celles des Hollandais sont bien préférables; elles sont formées d'un simple anneau en fer à bords coupans, dans l'épaisseur duquel sont percés des trous en nombre suffisant pour recevoir les cordes principales d'une espèce de filet ou de sac qui forme la

panse de la drague. L'ouvrier, au moyen de cet instrument, ramène bien plus de tourbe réelle et bien moins d'eau. Il la verse dans un baquet où elle est pétrie par un ouvrier qui la débarrasse, au moyen d'un fourchet, de tous les débris de végétaux trop grossiers, en même temps qu'il y ajoute l'eau nécessaire pour en faire une pâte qu'il piétine fortement et qu'il brasse avec un rabot. Lorsque la pâte est bien formée, on la verse sur une aire de 12 à 30 pieds de largeur sur une longueur variable suivant la disposition du local; on en forme une couche de 13 pouces d'épaisseur, maintenue par des planches qui limitent l'aire et présentent ainsi une espèce d'auge. L'eau surabondante s'écoule, ou s'infiltre dans la terre, ou enfin s'évapore. Pour empêcher la tourbe de s'incruster dans la terre et d'y adhérer on a soin de recouvrir le sol de l'aire d'un lit de foin piétiné, avant d'y verser la tourbe en bouillie. D'ailleurs cette bouillie est étendue avec des pelles et tassée à coups de batte pour lui donner une épaisseur et une consistance uniformes.

Au bout de quelques jours la tourbe est un peu raffermie par une suite de l'infiltration et de l'évaporation de l'eau; des femmes et des enfans marchent alors sur le tas, ayant, au lieu de chaussures, des planches de 6 pouces de large et de 13 à 14 pouces de long attachées sous les pieds en manière de patins. Ce piétinement tasse la tourbe régulièrement, donne de la compacité à la masse et fait disparaître les gerçures qui s'y étaient formées. On ne cesse cette opération que lorsque la tourbe est devenue assez dense pour qu'on puisse marcher dessus avec des chaussures ordinaires sans y enfoncer. Alors on achève de la battre au moyen de larges pelles ou battes, et l'on finit par la réduire à une épaisseur uniforme de 8 à 9 pouces.

On trace alors sur le tas, au moyen de longues règles, des lignes qui le divisent en carrés de 4 pouces et demi à 5 pouces de côté. L'épaisseur de la couche étant de 8 pouces, on voit qu'en la divisant suivant ce tracé l'on aura des briques de 8 pouces de long sur 4 pouces de large et autant d'épaisseur.

La division de ces briques s'effectue au moyen d'un louchet particulier dont le fer est terminé par un angle très-ouvert. On coupe la tourbe dans le sens du tracé, çà et là d'abord, pour examiner son état de dessiccation ou pour faliciter celle-ci; puis à mesure qu'elle s'effectue on achève la division. Cette opération faite, on abandonne les briques de tourbe à elles-mêmes pour qu'elles prennent encore plus de consistance et de retrait. Enfin des ouvriers, les mains garnies de cuirs qui les préservent du frottement, enlèvent toutes les briques des rangs impairs et les posent en travers sur celles des rangs pairs, restées debout. Au bout de quelques jours on les déplace en sens inverse, c'est-à-dire en remettant debout les rangs impairs et posant sur eux en travers les rangs pairs. Cette opération doit suffire pour que la dessiccation arrive d'elle-même en peu de temps au degré convenable. Les briques de tourbe sont ensuite mises en magasin.

On doit procéder à l'emmagasinage seulement lorsque la dessiccation est bien faite, car les masses pourraient fermenter et s'échauffer au point de prendre feu.

Pour se faire une idée exacte de la valeur relative de la tourbe et reconnaitre quelles sont les circonstances qui conviennent le mieux à l'emploi de ce combustible, il faut examiner sa composition. Elle donne à la distillation les mêmes produits que le bois, mais en proportions différentes. Klaproth a obtenu de la tourbe près de Mansfeld,

40,5 Produits solides.	20,0 charbon, 2,5 sulfate de chaux, 1,0 peroxide de fer, 3,5 alumine, 4,0 chaux, 9,5 sable siliceux;
42,0 Produits liquides	12,0 eau chargée d'acide pyrolignenx, 30,0 huile empireumatique brune;
17,5 Produits gazeux.	5,0 acide carbonique, 12,5 oxide de carbone et hydrogène carboné.
100,0	100,0

Outre ces produits on obtient encore de l'acétate d'ammoniaque en quantité faible, mais très-notable dans certaines tourbes; son origine peut être attribuée soit à quelques débris des animaux qui vivaient dans les marais à tourbe, soit aux produits azotés des certains végétaux.

Les cendres sont un peu alcalines, mais

c'est la chaux, et non point la potasse, qui leur communique cette propriété. Du reste les rapports que cette analyse indique doivent varier singulièrement en raison de la nature des tourbes et de leur origine. On voit toutefois qu'abstraction faite des 26 parties de cendres dues principalement ici au mélange du limon des marais où la tourbe s'est formée, les 74 parties de matière combustible représentent presque autant de charbon que le bois.

Les essais de Klaproth ont démontré que la presque totalité des parties combustibles de la tourbe est de l'*ulmine;* c'est aussi ce qui résulte des expériences plus récentes de M. Braconnot sur la tourbe de France. Cette ulmine est vraisemblablement en partie à l'état d'aluminate de chaux dans la tourbe ordinaire. Presque toute la matière combustible de la tourbe en peut être extraite à froid par les solutions d'alcalis caustiques, et il en résulte des soulutions brunes d'ulminates alcalins.

La tourbe moulée en forme de brique est employée immédiatement dans beaucoup de pays. On a quelque peine à établir sa combustion; mais une fois commencée, elle continue tranquillement en donnant beaucoup de flamme. On reproche à ce combustible l'odeur très-désagréable qu'il exhale; ce qui en limite l'emploi dans l'économie domestique. Un foyer fumivore peut corriger ce défaut. Dans les pays où le bois et la houille abondent, la tourbe est presque entièrement consommée par les classes pauvres et chez les fabricans. On l'applique dans beaucoup de localités, avec avantage, aux évaporations, à la cuisson de la chaux, des briques, des tuiles et même des poteries vernissées; ces dernières exigent quelquefois un coup de feu un peu vif pour fondre le vernis, on le donne avec du bois. La tourbe présente en outre l'inconvénient d'une qualité variable peu facile à distinguer à la seule inspection, et des dangers d'incendies spontanés. Son volume considérable lorsqu'elle n'a pas été comprimée exige de larges foyers; la cendre qu'elle produit souvent en trop grande abondance s'oppose au rayonnement, et constitue une double cause de perte.

On admet en général que de tous les combustibles c'est la tourbe qui donne la température la plus égale et la plus constante. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'une fois allumée, elle se brûle sans avoir besoin d'être attisée comme la houille, et sans donner une flamme aussi vive que celle du bois. La plus grande dimension des foyers contribue d'ailleurs à rendre la température plus également répartie, tout en faisant perdre une plus grande partie de la chaleur.

La tourbe de très-bonne qualité donne autant de chaleur que le bois, à poids égal, c'est-à-dire moitié moins que la houille. D'après M. Péclet, la chaleur rayonnante qui se dégage pendant sa combustion est plus grande que celle qui est dégagée pendant la combustion du bois; mais elle est certainement beaucoup moindre pour les tourbes de qualité inférieure.

La tourbe, quels que soient les inconvéniens attachés à son usage, n'en est pas moins un combustible très-précieux : en raison de son bas prix, elle constitue une ressource extrêmement profitable pour les classes pauvres, même dans les pays pourvus de bois; ressource bien plus utile encore dans les pays peu boisés.

Les principaux gisemens de tourbe en Europe se trouvent en Hollande, en Westphalie, dans le Hanovre, en Prusse, en Silésie, en Écosse. La tourbe forme des dépôts immenses dans toutes ces contrées.

La France est moins riche à cet égard. Les plus grandes tourbières qu'elles possède se trouvent dans les vallées de la Somme, entre Amiens et Abbeville. Leur exploitation devient plus active depuis quelques années, et surtout par suite de l'importante consommation du charbon de tourbe dans le département de la Seine.

Il ne faut pas confondre la tourbe avec certains LIGNITES que l'on désigne vulgairement sous le nom de *tourbes pyriteuses.*

Une série de notes publiées dans le nº 2 des Annales des Mines, ainsi qu'une instruction publiée dans le nº 6 du même journal, renferment de grands détails sur la carbonisation, la combustion, les usages économiques de la tourbe, ainsi que sur les gisemens de cette substance en France. (*V.* aussi, comme complément de celui-ci, les articles COMBUSTIBLES, CHARBONS, CHALEUR.)

Charbons de tourbe. La plupart des inconvéniens que l'on reproche à la tourbe disparaissent lorsqu'elle est carbonisée. Le charbon qu'on en retire devient propre à une foule d'usages auxquels la tourbe en nature n'est pas applicable, c'est-à-dire le

chauffage des appartemens, des fourneaux de cuisine, des laboratoires, et quelques travaux métallurgiques. D'après ce que nous avons dit sur les produits qu'elle fournit à la distillation il est évident que les procédés de la carbonisation du bois peuvent également s'appliquer à la tourbe ; cependant le procédé des meules y réussit assez mal : la tourbe en se carbonisant prend un retrait trop considérable ; les masses s'affaissent, et il se forme des crevasses tellement nombreuses sur la chemise, qu'une grande partie de la tourbe se brûle ; néanmoins dans le Nord on se sert de ce procédé. On a essayé de le perfectionner en France, en opérant dans des fosses circulaires recouvertes d'un disque en tôle qui baissait suivant l'affaissement de la masse.

La distillation réussit mieux. Des essais à cet égard ont été faits par M. Thillay Platel (Annales de Chimie, T. XLVIII, page 129) en 1786, et ils ont cela de remarquable, que leur auteur a mis à profit, en même temps que Lebon, les gaz fournis par la distillation, comme combustible, dans le fourneau carbonisant. L'appareil qu'il employait ne diffère pas essentiellement de ceux qu'on applique à la carbonisation du bois en vase clos. C'était un cylindre en tôle placé horizontalement dans un fourneau, et portant un tube en tôle ou en fonte qui venait se rendre dans un tonneau fermé. Les liquides restaient dans le tonneau, et les gaz étaient ramenés par un autre tube dans le fourneau lui-même, où ils se brûlaient. Leur quantité était assez grande pour suffire à la distillation, une fois qu'elle était commencée. Ces essais ont été faits sur de la tourbe des environs de Gournai.

Ils ont été repris par M. Blavier, ingénieur en chef des mines sur des tourbes du vallon de la Vesle, près de Reims. (Annales des Mines, T. IV, page 177.) Lappareil employé par M. Blavier était encore semblable à celui qui sert à distiller le bois ; seulement la cornue était verticale au lieu d'être couchée.

La tourbe de Vesle, employée par M. Blavier, lui donnait des essais en petit :

31,7	charbon et cendres
6,8	goudron
39,9	eau acide
18,6	gaz divers et perte,
100,0.	

Cette tourbe traitée en grand donna, en distillant 100 kilogrammes à-la-fois, 40 kilogrammes de charbon dans lequel se trouvait une proportion de cendres qui ne fut pas déterminée, mais qui doit varier pour chaque espèce de tourbe. Ce charbon revenait en volume, à un prix égal à celui du charbon de bois ; à la vérité l'on trouva qu'il donnait plus de chaleur, son poids, à volume égal, étant plus grand. La tourbe de M. Thillaye lui fournissait en grand 38 à 40 pour 100 d'un charbon qui laissait de 13 à 16 parties de cendre par sa combustion. Il est très-important de laisser refroidir complètement le charbon, car il est quelquefois pyrophorique, c'est-à-dire qu'il prend feu spontanément au contact de l'air. On ne peut guère compter comme produits vendables de cette carbonisation que le charbon ; quant au goudron que l'on recueille il ne peut servir, en raison de son odeur forte et extrêmement désagréable, que de combustible sur le lieu même de sa production.

L'eau acide ne renferme que de trop faibles proportions d'acétate d'ammoniaque et d'acide pour être utilisée.

Il résulte de ces essais qu'il n'y aurait de l'avantage à distiller les tourbes qu'autant qu'elles seraient d'excellente qualité. Il y a des tourbes qui laissent la moitié de leur poids de cendre ; il faudrait les rejeter et préférer celles qui en donnent le moins possible, c'est-à-dire le 7e ou 8e de leur poids : cette masse considérable de matière étrangère absorbe de la chaleur inutilement pendant la carbonisation, et occupe de la place en pure perte dans les fourneaux de distillation ; elle présente d'ailleurs des inconvéniens analogues dans l'usage du charbon obtenu : les grilles et foyers s'encombrent promptement d'une cendre volumineuse légère.

L'avantage de la carbonisation préalable de la tourbe ne saurait être douteux d'après les essais publiés par M. Blavier. Ce charbon a soutenu la comparaison avec celui de bois sous tous les rapports et donné plus de chaleur à mesures égales ; il a pu servir à souder des barres de fer d'un fort volume, et il a paru même préférable à la houille ; on s'en est servi avec succès dans les fourneaux d'essai et de fusion, en ayant soin toutefois d'élargir les grilles pour livrer un passage facile aux cendres, qui sont toujours abondantes. (*V*. les mots Charbon *de bois*, Carbonisation, Combustible.) P.

TOURILLON. (*Arts Mécaniques.*) Lorsqu'un arbre doit tourner par l'effet d'une force motrice, les deux bouts sont façonnés en cylindres de métal, et reposent sur des collets fixes. Ces cylindres sont ce qu'on appelle des *tourillons ;* ce sont les prolongemens de l'axe de l'arbre sur lesquels la rotation s'opère. Les roues hydrauliques, les canons, les cabestans, les volans, etc., offrent des exemples de ce système, qui est d'un usage général toutes les fois qu'on ne veut pas que la rotation s'opère autour d'un axe cylindrique immobile, comme dans le cas des poulies, etc.

Fr.

TOURNANT (Pont). (*V.* l'article Pont.)

Fr.

TOURNE-BROCHE. (*Arts Mécaniques.*) C'est un appareil d'horlogerie grossière qui sert à faire pirouetter lentement une broche sur elle-même; on a pour but de présenter successivement à l'action du feu les surfaces extérieures d'une volaille ou de toute pièce de viande qu'on a enfilée sur la broche, celle-ci étant soutenue devant le feu par des chenets ou supports, et dans une situation horizontale. Ces machines varient beaucoup de forme, selon les circonstances où elles sont employées; nous nous contenterons de décrire ici celle qui est la plus ingénieusement conçue, et qui, sous un petit volume, et sans aucun embarras, sert dans beaucoup de cuisines domestiques.

La fig. 1, Pl. 61 des *Arts Mécaniques,* représente cet appareil. B est un cylindre ou barillet dans lequel est enfermé un ressort spiral en acier, semblable à celui qui anime les rouages des pendules. On monte ce barillet en saisissant son axe carré D avec une clef forée carrément, précisément comme dans les pièces d'horlogerie. (*V.* Pendule, Barillet.) Sur l'arbre carré D est montée une roue O à dents de Rochet, retenue en place par un Cliquet C que presse continuellement la lame de ressort R; lorsqu'on monte la pièce, la roue O tourne avec l'arbre, en dégageant successivement ses dents du cliquet, lequel est destiné à empêcher l'arbre de rétrograder; dans ce mouvement toutes les pièces restent immobiles, le ressort du barillet se serre de plus en plus sur l'arbre tournant, et faisant ensuite effort pour se débander, ne peut se détendre qu'en tournant le barillet, parce que son arbre est alors retenu par l'encliquetage, et reste fixe : bien entendu que la roue, le ressort R et le cliquet sont attachés, non pas au barillet, mais à la cage de la machine, afin d'y demeurer fixés.

Le barillet fait corps avec la roue N, qui qui mène le pignon E de la roue D; celle-ci mène à son tour le pignon G de la roue F, laquelle engrène dans la vis V à quatre tours de spire, et fait pirouetter l'arbre VH, qui est vertical. Cet arbre porte un Volant à quatre bras horizontaux; chacun de ces bras est terminé par une petite boule de cuivre MM, dont la masse est destinée à régulariser la rotation, et à la ralentir.

Ce système de rouages est employé à retarder le développement du ressort du barillet. Voici les nombres qu'on donne ordinairement aux dents des roues : N a 84 dents, le pignon E 12; ainsi la roue D tourne sept fois plus vite que B. La roue D a 72 dents et le pignon G 8; ainsi la roue F tourne neuf fois plus vite que D, et elle fait 63 tours contre un seul de B. Enfin donnant 40 dents à F, comme chacun détermine un tour du volant, on voit que celui-ci fait quarante fois 63 tours ou 2520 tours pendant que le barillet n'en fait qu'un seul; et comme la résistance de l'air s'oppose jusqu'à un certain point au mouvement des masses MM on voit que le barillet tourne en effet assez lentement.

Ces rouages sont renfermés dans une cage en tôle, dont un des panneaux quadrangulaires peut être ouvert pour graisser les axes quand cela devient nécessaire. Il y a quatre piliers horizontaux qui soutiennent cette charpente; les axes des roues sont portés dans les platines de devant et de derrière de la cage AA, comme dans les pendules; et l'axe VH du volant, maintenu vertical dans le trou I, pirouette sur son pivot d'acier L, qui est porté sur une pièce à vis P qu'on appelle un pont.

La cage AA est portée sur un trépied qu'on pose où il convient, pour communiquer le mouvement à la broche. Voici comment se fait cette transmission :

Sur la face postérieure du barillet B, fig. 2, est fixé un disque saillant au dehors, portant deux barrettes *a,b,* perpendiculaires à cette face; la broche *f,f,* porte à l'un des bouts un disque *r,r,* percé de deux trous *o,o,* dans lesquels on fait entrer les barrettes *a, b ;* quand le barillet tourne il entraine ce disque dans sa rotation, et par conséquent aussi la broche *ff',* laquelle est soutenue horizontalement sur deux appuis; comme la tige de cette broche est cylindrique, du moins aux parties où elle pose sur les appuis, on voit

qu'elle exécute précisément autant de tours que le barillet.

Comme le développement du ressort finit par en épuiser la force, il arrive un instant où la broche cesse de tourner. Il importe d'en être averti, car si l'on oubliait de remonter le tourne-broche, le rôti brûlerait du côté qu'il présenterait constamment au feu; on adapte à la machine un système fort simple de sonnerie qui se fait entendre pour avertir qu'il faut remonter le ressort. De petites masses *aa* en cuivre sont suspendues par des fils aux bras du volant, et chaque fois que l'une de ces masses arrive à un timbre T (fig. 1), qui est vissé par son centre à la cage, elle frappe ce timbre et fait entendre un son. Quand le volant tourne vivement, la force centrifuge éloigne les masses du timbre; mais dès que le mouvement se ralentit les masses retombent et viennent frapper le timbre en passant.

Ce petit tourne-broche est très-répandu dans le commerce, et on le fabrique en grand dans divers ateliers d'horlogerie. Les grands tourne-broches des auberges sont construits sur le même principe; seulement les pièces en sont plus fortes, pour mouvoir une broche plus pesamment chargée. Le cylindre B, au lieu de tourner par la force de développement d'un ressort spiral, se meut par l'action d'un poids suspendu à une corde qui est enroulée sur ce cylindre; et même, pour ralentir la descente de ce poids, et permettre à la machine de marcher plus long-temps sans être remontée, on double le poids moteur, et on le suspend à l'axe d'une poulie mobile passée sur cette corde; une extrémité de la corde est attachée au plafond de la cuisine (*V.* Poulie mobile), l'autre au cylindre. Le tourne-broche est soutenu en l'air par des pattes en fer scellées dans la muraille. Fr.

TOURNESOL. On nomme ainsi deux produits commerciaux qu'on distingue l'un de l'autre par les désignations de *tournesol en pains* et *tournesol en drapeaux*.

Le tournesol en pains est préparé dans l'Auvergne et dans quelques autres contrées montueuses de l'Europe; là où croissent les diverses espèces de lichens-tinctoriaux qui servent aussi à la fabrication de la parelle (*lichen parellus* L., et *patellaria parella* D. C.) Ils se trouvent sous forme de croûtes blanches ou grisâtres fortement adhérentes aux rochers; on les en détache en raclant ceux-ci.

On pulvérise les lichens ainsi récoltés et séchés, on les mélange dans des auges avec 50 pour 100 de leur poids de cendres gravelées, puis on ajoute assez d'urine pour en former une pâte molle; la masse fermente, et l'on ajoute de l'urine au fur et à mesure que ce liquide est absorbé ou s'évapore, jusqu'à ce que la pâte ait acquis une couleur pourpre, puis une nuance bleu foncé.

On ajoute alors du carbonate de chaux (*craie*) sec en poudre, afin de faire acquérir au mélange une consistance plastique; on le moule en parallélépipèdes rectangles qu'on fait sécher à l'ombre.

Le tournesol en pains ainsi obtenu est une sorte de laque à base de carbonate de chaux qui fixe la couleur virée au bleu par la réaction alcaline de la potasse et de l'ammoniaque.

En laissant immergés dans l'eau froide quelques pains de tournesol, le liquide se charge de la matière colorante et forme une teinture employée comme réactif extrêmement sensible pour déterminer la réaction acide: en effet les acides libres s'emparent de l'alcali qui maintenait la couleur virée au bleu, et font paraître la couleur rouge qui est propre au tournesol. On épuise les pains détrempés par plusieurs lotions successives d'eau, et l'on emploie les liquides faiblement colorés qui en proviennent, pour détremper de nouveaux pains.

La teinture de tournesol étendue sur des feuilles de papier, puis desséchée à l'ombre, présente un réactif très-commode pour constater le caractère acide d'une solution; il suffit en effet de poser une goutte de celle-ci sur le papier teint en bleu, pour obtenir un disque rouge, si l'acidité est sensible.

On appréciera ainsi des traces d'autant plus faibles d'acide libre, que la nuance du papier sera moins foncée, car il y aura d'autant moins d'alcali à saturer.

C'est par cette raison encore qu'un *papier de tournesol* tenu quelque temps plongé dans un liquide pourra être viré au rouge, tandis qu'une goutte du même liquide n'aurait pas produit de disque rouge sur le même papier.

Enfin un plus grand effet encore en ce sens sera obtenu en versant quelques gouttes de la teinture dans le liquide à essayer, s'il est diaphane et en couche épaisse.

On fait encore usage du tournesol en pains pour obtenir l'infusion à froid qui sert à colorer en bleu les *cordes harmoniques* de la guitare. (*V.* Boyaux.)

La sorte commerciale désignée sous le

nom de *tournesol en drapeaux* est formée de chiffons teints en bleu-violet avec le suc d'une plante récoltée dans le midi de l'Europe.

Dans nos départemens méridionaux on nomme vulgairement cette plante *maurelle* (*croton tinctorium*, L.). Elle appartient à la famille des Euphorbiacées. Ses tiges rameuses sont longues d'environ un pied, garnies de feuilles alternes ovales-rhomboïdales, plissées et ondulées sur les bords, molles et cotonneuses ainsi que tout le reste de la plante. Ses fleurs sont petites, agglomérées et terminales; des fruits composés de trois coques noirâtres leur succèdent.

On écrase sous le pilon les sommités de cette plante, on trempe dans le suc exprimé des chiffons qu'on expose ensuite dans des cuves où l'on a mélangé de la chaux avec de l'urine putréfiée. Par l'effet du dégagement de l'ammoniaque, les chiffons, de verts qu'ils étaient, prennent une teinte d'un bleu-violet qu'on rend plus intense par de nouvelles immersions dans le suc et leur exposition à la vapeur ammoniacale.

Cette couleur est employée pour teindre en bleu le papier à sucre, l'extérieur des fromages de Hollande, etc. On assure que les Hollandais, en possession du commerce de ce tournesol, redissolvent sa matière colorante, la mêlent avec de la potasse et de la craie, et qu'ils préparent ainsi une sorte de tournesol en pains différent de celui que nous avons précédemment fait connaître. P.

TOURNEUR. (*Technologie.*) L'art du *tourneur* est sans contredit l'un des plus utiles, et celui qu'on exerce le plus fréquemment. Indépendamment des tourneurs de profession, dont les uns tournent exclusivement le bois, d'autres le bronze, enfin d'autres le fer et l'acier, il y a une infinité d'artistes en tout genre pour lesquels le tour est un des outils dont ils font le plus souvent usage, tels que l'Horloger, le Mécanicien, le Tabletier, etc. Si l'on ajoute à ces ouvriers l'immense quantité d'amateurs et de personnes industrieuses qui en font un objet de leurs occupations, dans le but de leur amusement, on sera convaincu que le tour est entre les mains d'une innombrable quantité d'artistes.

Le principal outil dont se sert le *tourneur* est le tour; on en distingue de plusieurs sortes : le *tour à pointes*, le *tour en l'air*, *le tour à ovale*, le *tour à guillocher*, etc. Notre cadre ne nous permettant pas de décrire ces diverses sortes d'instrumens, nous nous bornerons à indiquer la différence qui existe entre les deux premières sortes, qui sont les plus usitées.

Le *tour à pointes* est celui sur lequel la pièce qu'on veut tourner est assujétie entre deux pointes d'acier bien pointues et solidement portées, à la même hauteur, par deux poupées qui peuvent se rapprocher ou s'éloigner dans l'ouverture pratiquée au milieu de la longueur de l'établi, qu'on appelle *barre*, sur lequel le tourneur exécute ses ouvrages.

Pour travailler sur ce tour, on n'a pas besoin d'un grand nombre d'outils. Deux gouges de différentes largeurs, deux ciseaux, dont l'un droit et l'autre en biais, deux ou trois bédanes de différente épaisseur, deux ou trois grains-d'orge de différente forme, suffisent. Les outils doivent être tenus bien fixement sur le support, quel que soit le genre de tour dont on se serve.

Le *tour en l'air* est ainsi nommé parce que la pièce qu'on veut tourner n'est appuyée que par une de ses extrémités sur le nez de l'arbre du tour, qui est fixé sur deux poupées. Cet arbre a toujours un mouvement circulaire; mais indépendamment de ce mouvement, il en acquiert à volonté un de va-et-vient, pour former des pas de vis à la pièce qu'on tourne, lorsque cela est nécessaire.

Les outils dont on se sert pour tourner en l'air sont en très-grand nombre, dont il serait trop long de donner ici la nomenclature, et surtout la description.

Le nez du tour se termine à vis : c'est sur cette vis qu'on place des mandrins aussi à vis. Ces mandrins, le plus souvent en bois, servent à recevoir, à frottement ou de toute autre manière, comme on le verra par la suite, la pièce qu'on veut tourner, et qu'on ajuste sur le mandrin à l'aide du tour à pointes, pour plus de régularité, et qu'on y fait entrer de force.

Les métaux exigent des outils particuliers, des burins, des crochets, etc., préparés avec d'excellent acier et trempés. On les revient plus ou moins, selon que ce qu'on veut tourner est plus ou moins dur. (V. Acier et Trempe.)

Le *tourneur* a continuellement besoin d'affûter ses outils; il a dans son atelier une meule de grès. Nous l'engageons à lire, l'article Rémouleur; il y verra la manière que

nous avons indiquée pour empêcher que la meule ne se déforme, et pour qu'elle reste toujours ronde, quoiqu'elle serve continuellement.

Nous ne décrirons ni le *tour à ovale* ni le *tour à guillocher*, et encore moins la série immense d'objets que les tourneurs exécutent avec beaucoup d'adresse et d'intelligence; les divers traités qu'on a faits avant nous, et qui sont entre les mains de tout le monde, nous en dispensent; nous allons en donner la liste; nous nous bornerons ensuite à décrire les instrumens les plus importans qu'on a imaginés depuis l'impression du dernier de ces ouvrages.

1°. L'Encyclopédie méthodique, division des *Arts et Métiers mécaniques*, T. VIII, page 220, a donné presque tout le Traité du P. Plumier, religieux Minime, dont l'édition était depuis long-temps épuisée. L'auteur y a ajouté tout ce qui avait paru de plus important jusqu'en 1791. Ce Traité est accompagné de 44 grandes planches gravées en taille-douce.

2°. Le Manuel du Tourneur, par Bergeron; 3 volumes in-4°, dont le troisième est un atlas composé d'une très-grande quantité de planches.

3°. L'Art du Tourneur, par Paulin Désormeaux; 2 volumes in-12, avec un atlas grand in-4°.

4°. Le Manuel du Tourneur, par M. Dessables; 2 volumes in-18, avec un très-grand nombre de figures, Roret.

Les deux instrumens que nous allons décrire sont ceux qui ont été le plus récemment imaginés, et sont le plus utiles pour un tourneur.

1° *Nouveau tour d'horloge, à rouler les pivots.*

Un bon tour à rouler les pivots est un instrument des plus précieux dans un siècle où l'horlogerie est poussée à un point de perfection étonnant. Les trous pratiqués dans les deux poupées pour y recevoir les pointes, doivent être parfaitement vis-à-vis l'un de l'autre, et parfaitement en ligne droite dans toute leur étendue, de sorte que si l'on voulait faire passer une pointe d'une poupée dans l'autre, elle puisse y glisser avec la même facilité que si l'un des trous ne formait que la continuation du même cylindre. Il faut ensuite que la pointe du tour, qui reçoit l'extrémité de l'axe opposée à celle qui porte le pivot sur lequel on doit travailler, se trouve parfaitement en ligne droite avec la petite coche pratiquée sur l'extrémité de l'autre pointe, parallèlement à l'axe de cette pointe; car, lorsque cela n'a pas lieu, ou le pivot est coupé par le pied, ou il est conique; s'il est coupé par le pied, il casse pendant qu'on le roule.

M. Vallet, horloger, inventeur de cet instrument, a remédié à tous ces inconvéniens par la construction du tour que nous allons décrire.

La fig. 11, Pl. 50, représente cet instrument, vu en élévation, fixé dans l'étau par la patte A. Les deux poupées B, C, ne diffèrent pas des poupées des tours à pivots ordinaires; elles portent les deux pointes D, E, qui sont fixées dans la position convenable par les vis F, G, qui appuient sur les coussinets H, H, comme dans les tours ordinaires. Chaque poupée porte une branche I, K, dont on va voir l'usage. Chaque broche du tour porte une espèce de roue L, J, divisée en douze grosses dents, et les deux broches I, K, entrent juste dans l'espace vide laissé par deux dents, afin de fixer parfaitement la pointe du tour, de manière qu'elle ne puisse pas tourner sur elle-même pendant que la vis supérieure F ou G l'empêche d'avancer ou de reculer.

La pointe D est terminée, du côté de l'intérieur du tour, par une rondelle d'acier M fixée par une forte vis sur le bout de cette pointe. Cette plaque M est percée d'un trou vers l'extrémité d'un de ses diamètres. Ce trou, qui est parfaitement cylindrique et parallèle à l'axe, reçoit une broche P qui sert d'abord à marquer les trous correspondans dans la rondelle N, dont nous allons bientôt parler, et à supporter ensuite une des extrémités de l'axe à l'autre extrémité duquel se trouve le pivot qu'on veut rouler.

La broche P entre cylindriquement et très-juste dans le trou de la rondelle M; sa partie extérieure est conique et en pointe très-aiguë; elle est trempée, et ajustée après sa trempe et son recuit bleu. Lorsqu'elle a servi à marquer, sur la rondelle N, les douze trous dont nous parlerons dans un instant, on lime la pointe légèrement, et l'on perce au centre un petit trou peu profond qui sert ensuite à recevoir l'extrémité de l'axe de la pièce, qui porte à son autre extrémité le pivot qu'on veut rouler.

L'autre pointe E porte, entre les deux poupées, deux pièces N, O, dont il est

important de connaître la construction. La partie de la pointe cachée par les deux pièces N, O, est tournée cylindriquement, comme un pivot plus petit que la pointe, mais assez gros pour recevoir un trou taraudé et une forte vis. La rondelle O est un manchon qui couvre en entier l'espèce de pivot dont nous venons de parler. La rondelle N, n'a qu'un trou de la grosseur de la vis, qui consolide le tout, et dont la tête est noyée dans l'épaisseur de cette même rondelle; car elle pourrait gêner, dans certains cas, si elle débordait.

La rondelle N a dans son pourtour douze coches plus ou moins grandes et plus ou moins profondes, selon la grosseur des pivots qu'on doit rouler. Ces coches doivent être faites avec soin; elles doivent être pratiquées bien parallèlement à l'axe de la pointe, et être parfaitement demi-circulaire.

Pour faire ces coches de manière à ce qu'elles soient bien vis-à-vis de la broche P, il faut se rappeler que nous avons dit que cette broche est d'abord pointue et parfaitement aiguë. La pointe D est engagée dans la broche I par une dent de la roue J; la broche E est de même engagée par une dent de la roue L, avec la broche K; on frappe sur la tête de la broche D, dont la vis de pression F n'est pas serrée, et l'on marque un point sur la rondelle N. On change la roue L de place, et, par cette raison, la pointe E tourne d'un douzième; on marque un autre point, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on ait marqué les douze points. On perce à chaque point un trou bien parallèlement à l'axe, avec des forets proportionnés à la grosseur des pivots qu'on veut y rouler. Ces trous faits, on lime la rondelle N à facettes, de manière qu'on enlève la moitié du cylindre que ce trou a formé, en faisant en sorte que le plan de cette facette soit perpendiculaire au plan vertical qui passerait par l'axe de la pointe, et que la coche qu'a formée le trou découvert divise cette facette en deux parties égales. On sent combien il faut porter d'attention pour arriver à une parfaite exécution; mais cela est indispensable pour avoir des résultats parfaits.

La rondelle O est limée à facettes parallèles à l'axe de la pointe; elle porte douze facettes, d'autant plus ou moins distantes de cet axe, que le pivot devant lequel elles se trouvent doit être plus fin ou plus gros. Le milieu de chaque facette doit correspondre au milieu de la coche devant laquelle elle se trouve. Ces facettes sont destinées à soutenir la lime à pivot ou le brunissoire, qui doivent s'appuyer parfaitement sur elles, de manière que la lime soit parallèle à l'axe lorsque le pivot est terminé, de sorte qu'il se trouve parfaitement cylindrique.

2°. *Nouveau mandrin, appelé* universel, *destiné à fixer les pièces sur le tour.*

M. Bell, qui a imaginé le perfectionnement que nous allons décrire, a eu pour but d'épargner une grande partie du temps qu'on emploie à fixer les pièces sur les mandrins ordinaires et à les centrer convenablement. En effet une pièce quelconque ne peut être tournée sans que son axe soit le prolongement de celui de l'arbre du tour, et sans qu'elle soit assez fortement fixée pour résister à l'effort de l'outil et aux chocs extérieurs. Le mandrin inventé par M. Bell remplit ce double objet. Les fig. 12, 13, 14, 15, 16, 17 et 18, de la Pl. 50, qui représentent cet instrument ingénieux, suffiront pour en donner une parfaite intelligence; nous allons le décrire.

Fig. 12, vue de profil.

Fig. 13, vue de face.

Fig. 14, coupe de l'instrument complet.

Fig. 15, vue de face intérieurement, c'est-à-dire vue de la pièce fig. 12, sur la face opposée à celle que la fig. 12 représente.

Fig. 16, coupe des pièces A et B, détachées du reste du mandrin.

Fig. 17, coupe de la pièce C, fig. 12, 13 et 14.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes pièces dans les sept figures.

L'écrou *a* (fig. 12 et 16), formé dans le mandrin, sert à le fixer sur le nez du tour.

Le support *b* (fig. 13, 14, 15 et 16), tient à la pièce A, et entre dans le collier de la pièce B.

Les vis *c, c* (fig. 15), servent à fixer la pièce B sur la pièce A.

Les pivots *d, d, d* (fig. 15 et 16), forment les centres de mouvement d'un égal nombre de bras dont les extrémités, formées en vis, portent et fixent la pièce que l'on veut tourner.

Les coulisses *f, f, f* (fig. 13 et 17), sont pratiquées au fond de la pièce C. C'est dans ces coulisses que passent et se meuvent les extrémités des bras qui portent des pas de vis. Par cette disposition des coulisses, les trois vis saillantes sont constamment aux

angles d'un triangle équilatéral inscrit à un cercle dont le centre est l'arbre du tour.

Dans la plaque C (fig. 17), est pratiqué un trou *g* qui reçoit le tenon *b*. Une vis *h*, *h*, pratiquée en forme de collier dans la partie supérieure de la pièce C (*même figure*), sert à recevoir le collet *i*, *i*, de la pièce D (fig. 18), qui est aussi taillé en vis, afin de maintenir les bras qui embrassent la pièce à tourner.

Un trou *k*, pratiqué dans l'anneau de la pièce C (fig. 12), sert à recevoir le bout d'un levier à l'aide duquel on serre ou l'on desserre la vis.

Pour fixer une pièce sur le tour à l'aide de ce mandrin, on peut se servir d'une poupée de tour à pointes, dont l'axe de la pointe soit une prolongation de l'axe de l'arbre du tour en l'air : on approche cette pointe de manière à la faire entrer dans le point marqué au centre de la pièce à tourner. On approche les trois bras *e*, *e*, *e*, contre cette pièce, et l'on serre la vis qui arrête ces bras.

On n'avait pas encore imaginé un instrument aussi simple et aussi commode pour remplir le même objet. La *Société d'Encouragement* de Londres, appréciant tous les avantages de cet instrument, a décerné à l'auteur une médaille d'argent, et fait imprimer dans ses Transactions la description, avec figures, que nous venons de donner, et que nous avons traduite de cet ouvrage. L.

TOUT OU RIEN. (*Arts Mécaniques.*) Lorsqu'on tire le cordon d'une pendule à répétition pour lui faire sonner l'heure, s'il arrive qu'on ne pousse pas le tirage jusqu'au point où l'on se sent arrêté, la pendule ne sonne pas l'heure entière, et l'on est trompé par cette indication incomplète. On a imaginé un mécanisme très-ingénieux qui empêche alors la pièce de sonner ; ensorte qu'elle doit sonner l'heure entière ou ne pas parler, selon que le tirage a été complet ou incomplet. Un appareil semblable est adapté aux montres à répétition. (*V.* l'article Répétition, où ce sujet a été traité avec développement.) Fr.

TOUTENAGUE. On désignait sous ce nom, et encore sous les dénominations de *métal blanc des Chinois*, le zinc épuré en Chine et contenant 90 à 95 centièmes de zinc pur ; on le nomme encore *packfong* ou *cuivre blanc de la Chine*.

C'est un alliage remarquable employé depuis long-temps par les Chinois, et qu'on fabrique maintenant en France. Cet alliage a presque le blanc de l'argent. Il est susceptible d'acquérir un beau poli, très-sonore, assez malléable à froid et à la température rouge ; mais il s'égrène si on le chauffe jusqu'au blanc.

Le *packfong* ne peut être laminé qu'avec de grandes précautions ; il faut le chauffer au rouge-cerise et le laisser refroidir complètement chaque fois qu'on le passe au laminoir. Lorsqu'il présente quelques gerçures on les fait disparaître sous le marteau.

Les orfèvres passent la pierre-ponce sur le packfong comme sur l'argent, et lui donnent la couleur en le trempant dans un mélange de 100 parties d'eau et de 14 parties d'acide sulfurique.

Voici la composition de divers packfongs, telle que l'a donnée M. Dumas dans son Traité de Chimie appliquée.

	Pour cuillères et fourchettes.	Pour garnitures de couteaux, mouchettes, etc.	Pour objets laminés.	Pour objets qui ont des soudures.	Plus blanc, mais plus aigre et plus dur.	Packfong des Chinois.
Cuivre. .	50	55	60	57	53	40,4
Nickel. .	25	22	20	20	22	31,6
Zinc. . . .	25	23	20	20	23	25,4
Plomb . .	0	0	0	3	0	0,0
Fer. . . .	0	0	0	0	2	2,6
Totaux. .	100	100	100	100	100	100,0

La préparation du packfong n'offre pas de difficultés. On y emploie le nickel spongieux qui nous vient des fabriques d'Allemagne. Après avoir concassé le nickel en morceaux de la grosseur d'une noisette, et divisé le cuivre et le zinc, on mélange ces trois métaux et on les met dans un creuset, en ayant soin qu'il y ait du cuivre dessus et dessous. On recouvre le tout avec du charbon en poudre et l'on chauffe dans un fourneau à vent. Il faut remuer fréquemment le mélange afin que le nickel entre en combinaison ; il est en outre nécessaire de tenir l'alliage long-temps en fusion, au risque de perdre quelques centièmes de zinc.

Quand on refond les rognures et les limailles de packfond on y ajoute 3 ou 4 centièmes de zinc, pour remplacer celui qui se volatilise. (*V.* pour complément de cet article les mots Alliages, Bronze, Zinc.)

P.

TRAINEAU. C'est une espèce de petit chariot sans roue dont on se sert pour voyager sur la glace et la neige durcie. On garnit souvent le dessous de lames de fer qui servent de patins pour glisser et fendre les inégalités. Cette espèce de voiture est fort usitée dans les pays septentrionaux. On y place des voyageurs, des marchandises, etc., et l'on fait tirer le traineau par des chevaux ou des rennes, ou même des chiens. Comme la résistance est extrêmement faible, le transport se fait avec beaucoup de célérité et très-peu de dépense. FR.

TRAINS DE BOIS. Le système de flottage sur les rivières, du bois qui sert à la consommation de Paris, est assez remarquable. C'est Jean Rouvet qui, en 1549, imagina la construction des trains ; mais ce n'est guère que depuis 120 ans qu'à Clamecy on a perfectionné cette industrie. Les bûches, marquées du nom du propriétaire, sont lancées sur la pente des montagnes et rassemblées dans la rivière qui coule au bas. On en fait le triage selon les marques, et on lie ensemble celles de même marque, pour en faire une sorte de radeau.

Les trains ont 36 toises sur 14 à 15 pieds. On pose d'abord trois bûches écartées de 9 à 10 pouces, sur lesquelles on dispose 9 bois ou *collières*, dont le gros bout est entouré d'une coche ; on y passe un lien de bois qui attache l'ensemble à un pieu d'un pied de long, planté en terre. On prend ensuite deux chantiers cochés au gros bout, qu'on met en travers sur les collières, et l'on arrange dessus des bûches sur 15 à 16 pouces de hauteur et 18 de largeur. On relie le tout par-dessus et par-dessous, et l'on achève ainsi la *tête du train*, ou *première mise*.

Les chantiers sont relevés par deux petites bûches fourchues qu'on plante en terre, et l'on place des bois au milieu. On continue de faire de la sorte des mises successives. On remplit les vides par des bûches qu'on y entre de force avec un maillet. Ces assemblages, de sept mises, forment un *coupon*. On en fait ainsi plusieurs qu'on réunit ensemble en un seul corps flottant appelé *train*.

Les détails de cette construction très-simple sont faciles à saisir, et nous ne croyons pas devoir continuer une description aride et sans intérêt. On verra dans l'ancienne Encyclopédie tous les développemens qu'on pourrait désirer à ce sujet, à l'article Train.

On allége les trains pour en faciliter la flottation, en y attachant des futailles vides.

On fait pareillement des trains pour les planches et les charpentes. Le système de construction est encore plus simple, puisqu'il se réduit à assembler les pièces de bois parallèlement, selon la longueur des trains, et à les relier solidement par des perches transversales et longitudinales, avec des liens en bois flexible, et à soulager le train par des futailles vides.

Les mariniers conduisent les trains au fil de l'eau, en se servant de gaffes, dont un bout est attaché à celui du train, et qu'ils plantent au fond de la rivière, en passant le bout supérieur de la gaffe sous la partie du train qu'ils veulent pousser de côté en la soulevant. Ils habitent le jour sur ce radeau, et s'y construisent même une cabane pour s'abriter contre le vent, le soleil ou la pluie, dans les heures où le repos leur est permis par le cours de l'eau. Fr.

TRANCHES DORÉES. (*Technologie.*) Nous avons promis au mot Jaspure, de décrire les procédés que le relieur met en usage pour dorer les tranches des livres, et pour les dorer sur peintures. Au mot Relieur, nous avons annoncé que nous donnerions dans cet article un supplément à l'article Dorure, relativement aux ornemens rapportés sur la couverture ; nous allons nous acquitter.

1°. *Dorure sur tranche.*

On dore sur *tranche sans marbrure*, ou *après la marbrure*, ou *sur peinture*. Nous allons décrire successivement ces trois ma-

nières de dorer sur tranche, en commençant par celle qui s'applique sans marbrure, comme étant aujourd'hui la plus usitée.

Nous dirons, une fois pour toutes, que les opérations nécessaires tant pour les préparations que pour la dorure et le brunissage se font à la presse, quoique nous ne le répétions pas. Cette presse est placée sur une barrique défoncée d'un bout, surtout lorsqu'il s'agit d'appliquer l'or ou de le travailler quand il est appliqué, jusque après le bruni, afin que les parcelles d'or qui se détachent tombent dans la barrique et ne se perdent pas. Nous indiquerons plus bas comment le relieur s'y prend pour retirer cet or.

Dorure sur tranche blanche. Pour préparer la tranche à recevoir l'or et à le retenir, on encolle la tranche avec de la colle de parchemin bien faite et bien limpide ; on laisse bien sécher, ensuite on la gratte avec un grattoir d'acier semblable au grattoir de l'ébéniste, arrondi par un bout et plat de l'autre. Ce grattoir est une lame d'acier mince, comme celle d'un fort ressort de pendule; sa largeur est proportionnée à celle du volume qu'on doit travailler ; on en a de plusieurs largeurs. Le côté rond est pour la gouttière ; le côté plat est pour les deux bouts. On affûte le grattoir avec un instrument d'acier trempé et rond, de la même manière que les bouchers affûtent leurs couteaux avec l'instrument d'acier qu'ils nomment *fusil.*

Après que la tranche est bien grattée, on la brunit avec un brunissoir d'agate large, bien arrondi et bien poli, que les ouvriers appellent *dent,* parce qu'il a à peu près la forme d'une dent de loup. On brunit en travers.

On passe ensuite sur la tranche de l'eau seconde préparée avec une once d'acide nitrique étendu dans un litre d'eau. Ce liquide se passe sur la tranche bien serrée, avec un pinceau; et les ais dont on se sert sont plus épais d'un côté que de l'autre, comme ceux que nous avons indiqués pour la rognure de la gouttière. Avant que cette eau seconde soit totalement sèche, on frotte fortement la tranche avec de la rognure fine, jusqu'à ce que le tout soit sec et clair ; ensuite on brunit de nouveau, et l'on passe au blanc d'œuf délayé dans un cinquième de litre d'eau. C'est à l'aide d'un petit pinceau qu'on passe ce blanc d'œuf, qui sert d'*assiette* pour l'or, qu'on pose de suite.

On incline le volume dans la presse ; on commence par dorer la gouttière, qu'on rend plate en appuyant sur les mors des deux côtés, et en laissant tomber les cartons par derrière. On met le volume à la presse entre deux ais, et l'on serre fortement.

Avec un couteau, et sur le *coussinet,* on coupe l'or de la largeur du volume ; on enlève le morceau de feuille d'or de dessus le coussinet, avec un morceau de *papier-pâte,* c'est-à-dire de papier non lissé, ou avec une carte dédoublée. La feuille d'or s'attache au duvet de ce papier, et on la transporte avec facilité sur la tranche ; elle s'y fixe de suite ; on l'étend en soufflant dessus, et on l'assujettit avec du coton en rame.

On prend aussi quelquefois la feuille d'or avec une espèce de compas à longues branches coudées, avec lequel on la transporte sur l'endroit où l'on veut la poser.

On dore ensuite de la même manière, et avec les mêmes précautions, la tête et la queue, après avoir fait descendre les cartons au niveau de la tranche. On incline les volumes dans la presse du côté du dos ; on les serre chacun entre deux ais qui garantissent les mors.

On laisse bien sécher la dorure à la presse, et l'on brunit ensuite avec une agate, en travers du volume. Ce brunissage doit être fait légèrement et avec précaution, pour ne pas enlever l'or, et bien également, pour ne pas faire de nuances. Quand le brunissoir est passé partout, on passe très-légèrement sur la tranche un linge très-fin et faiblement enduit de cire vierge; après quoi l'on brunit de nouveau un peu plus fort. On recommence cette manipulation plusieurs fois, jusqu'à ce qu'on n'aperçoive aucune onde faite par le brunissoir, et que la tranche soit bien unie et bien claire. Toutes les ébarbures de l'or s'enlèvent avec du coton en rame qu'on jette dans la barrique au-dessus de laquelle se font toutes les opérations de la dorure, comme nous l'avons dit.

Dorure sur tranche après la marbrure. Après que le volume a été marbré, et qu'il est bien sec, on gratte la tranche avec le même grattoir dont nous avons parlé dans l'article précédent, et on la brunit de même. On y passe ensuite un blanc d'œuf délayé dans l'eau, et de suite on dore comme nous l'avons indiqué, et l'on brunit en travers. Lorsque le tout est sec, on aperçoit la marbrure au travers de l'or.

Ce genre de dorure n'est plus de mode ;

cependant il est bon de savoir comment on opère, dans le cas où ce goût reviendrait. Il en est de même pour le genre d'ornement nous allons parler.

Dorure sur tranches antiquées. Après que la dorure a été faite comme nous l'avons indiqué dans le premier procédé, et qu'elle est brunie, avant de sortir le volume de la presse on passe promptement une couche de blanc d'œuf délayé dans l'eau, avec précaution et legèrement, en évitant de passer deux fois sur la même place, pour ne pas détacher l'or. On laisse sécher, puis on y passe un linge fin légèrement imbibé d'huile d'olive, et l'on applique dessus une feuille d'or d'une autre couleur que la première; ensuite on pousse à chaud des fers qui représentent divers sujets. On frotte avec du coton en rame; l'or qui n'a pas été touché par le fer chaud, ne tient pas, il est enlevé, et il ne reste que les dessins que les fers ont imprimés; ce qui produit un très-joli effet, mais dont la mode est passée.

Dorure sur tranches à paysages transparens. Lorsque la tranche est préparée comme pour la marbrure, et qu'elle a été bien grattée et bien polie, on y fait peindre, à l'*acquatinta*, un sujet quelconque, tel qu'un paysage, par exemple; ensuite on y passe une couche de blanc d'œuf délayé dans l'eau, et l'on dore de suite comme dans le premier procédé : on brunit de même. Quand le volume est fermé, la dorure couvre le paysage, et l'on ne le voit pas; mais lorsqu'on courbe les feuilles on l'aperçoit facilement, et l'on ne voit pas la dorure.

2°. *Dorure sur le dos et sur la couverture.*

Lorsqu'on veut dorer la couverture d'un livre on fait deux opérations : la première est de *coucher l'or*, la seconde est de le *fixer;* celle-ci est l'ouvrage du *doreur* proprement dit. Nous diviserons cet article en deux paragraphes : dans le premier, nous ferons connaître les manipulations du *coucheur d'or;* dans le second, nous indiquerons les procédés du doreur. L'un et l'autre commencent par le dos, ensuite ils dorent le dedans des cartons; de là ils passent au bord sur l'épaisseur des cartons, et ils terminent par les plats.

Du *coucheur d'or*. Avant de prendre l'or, il passe, sur l'endroit où il veut coucher l'or, l'éponge sur laquelle il a mis une goutte d'huile de noix qu'il a étendue en une couche extrêmement mince, ou avec un pinceau à palette, large et doux, ou un pinceau ordinaire, selon les emplacemens sur lesquels il veut coucher l'or; ensuite, soit avec la carte dédoublée ou le morceau de papier-pâte, soit avec le bilboquet, il prend l'or, après l'avoir coupé de la grandeur convenable, et le transporte de suite, sans hésitation, sans trembler, et avec assurance, sur l'endroit qu'il a préparé. Il doit poser l'or juste à la place où il doit rester, car il happe tout de suite, et si l'on voulait le tirer pour le pousser d'un côté ou de l'autre, on le déchirerait, et la dorure serait mauvaise.

Avant de prendre l'or, soit avec la carte, soit avec tout autre instrument, il faut avoir soin de le passer légèrement sur le front à la naissance des cheveux, afin qu'il s'y charge d'une humeur onctueuse dont la peau est toujours un peu humectée dans cette partie, ce qui y fait attacher un peu la feuille d'or. Il existe des ouvriers assez adroits pour la soulever avec le couteau seulement, après qu'elle a été coupée sur le coussinet, et la porter sur le plat du couteau, et la fixer de suite sur le dos.

En couchant l'or sur le dos du livre, on le laisse un peu plus long qu'il ne faut, en tête et en queue, afin de l'appliquer parfaitement sur les coiffes.

Pour le bord des cartons on prend l'or avec le *couchoir,* après l'avoir passé, comme la carte, sur le front.

L'or se couche sur la bordure intérieure soit avec le couchoir, soit encore mieux avec le *bilboquet,* en le passant de même sur le front.

Chaque fois qu'on a *couché* de l'or, on frotte l'instrument dont on s'est servi sur un linge fin et propre qu'on a sur soi, ou à côté de soi.

On couche l'or pour les filets des plats de la même manière; mais il est toujours nécessaire de tirer, du côté du mors, une ligne droite avec une règle et le tranchant du plioir; car si les trois autres côtés ne présentent aucune difficulté, parce qu'on se trouve fixé par le bord, il n'en est pas de même pour celui ci. Lorsqu'on couche à la main, on tient à pleine main les feuillets du volume de la main gauche, les cartons libres; celui sur lequel on veut travailler et appuyé sur le pouce de cette main, le dos tourné vers soi. Alors on pose l'or sur le côté de tête ou de queue qui se trouve du côté du bras gauche; on fait ensuite pirouetter le volume de manière que la gouttière

soit vers le bras gauche, on couche ce côté ; on fait tourner encore le volume pour terminer par l'autre côté.

On peut aussi coucher l'or, pour les filets sur les plats, à la carte ou au bilboquet, sans tenir le livre. Pour cela on prend deux billots de forme cubique, on les place sur la table l'un à côté de l'autre, à une distance suffisante pour que toutes les feuilles du volume puissent se loger entre les deux billots ; on ouvre les deux cartons, qu'on fait reposer à plat sur les deux surfaces des billots, alors toute la couverture est à plat, et le volume pend entre les billots. On a ainsi beaucoup de facilité pour coucher uniformément et symétriquement les filets et tout ce qui doit orner les plats.

Pour dorer la soie on glaire avec le blanc d'œuf préparé avec de l'eau-de-vie et de l'eau, on haleine ensuite dessus pour rendre l'œuf humide, ensuite on couche l'or dessus, qui happe aussitôt.

Du doreur. On appelle *doreur* l'ouvrier qui, avec des fers chauds, c'est-à-dire avec des instrumens en cuivre gravés en relief, qu'il désigne sous le nom de *fers*, fixe l'or sur tous les points où la gravure du fer touche. Il fait chauffer ses fers, de quelque nature qu'ils soient, sur un petit fourneau disposé à côté de lui, et il les emploie lorsqu'ils ont acquis la chaleur convenable ; ce que lui indique de l'eau qu'il prend au bout d'un doigt et qu'il passe dessus. Il applique ses fers sur toutes les places où l'on a couché de l'or, et sur lesquelles il veut le fixer. Ces manipulations sont très-multipliées, très-importantes, et notre cadre ne nous permet pas de les consigner ici, puisque nous pouvons y suppléer d'une autre manière. Nous renvoyons le lecteur au Manuel du Relieur, que nous avons rédigé avec beaucoup de soin, en décrivant toutes les manipulations d'un art très-intéressant, et dont nous venons de faire paraître une seconde édition, à Paris, chez Roret, rue Hautefeuille, au coin de la rue du Battoir ; vol. in-18, avec beaucoup de figures. L.

TRANCHEFILE. (*Technologie.*) Nous avons décrit au mot Relieur, § 13, la *tranchefile simple ;* les lecteurs qui nous ont écrit pour nous inviter à donner dans un supplément la description des tranchefiles à *chapiteau*, *en or* ou *en argent*, *en lettres* ou *en devises*, *à rubans*, trouveront dans le Manuel du Relieur dont nous avons parlé à la fin de l'article *Tranches dorées*, tout ce qu'ils pourront désirer à cet égard. L.

TRANSIT. Terme de douanes par lequel on entend la faculté de traverser les bureaux sans payer aucun droit, et même sans subir de visite. Le voiturier qui obtient une lettre de transit donne caution de rapporter ou représenter les marchandises, dans un temps fixé, à quelque autre bureau de sortie ; de manière que les objets traversent la contrée sans y rester, et par conséquent sans payer de droits. Les marchandises sont visitées à l'entrée, énumérées dans un procès-verbal, pesées, plombées, etc. ; et il faut qu'à la sortie les plombs et cordes soient bien conservés pour vérifier si les objets sont restés dans l'état primitif. Fr.

TRAVERSIÈRE. (*V.* Flute.) Fr.

TRÉBUCHET. (*Arts mécaniques.*) Petite balance construite sur les principes de la Romaine, et dont on se sert pour constater les poids légers, vérifier celui des monnaies, etc. Comme cet instrument est petit et portatif, il est d'usage dans certaines contrées où l'on craint l'altération du poids des monnaies. (*V.* Romaine.)

On donne aussi le nom de *Trébuchet* à différentes sortes de piéges destinés à prendre de petits animaux, et principalement des oiseaux. (*V.* Aviceptologie.) Fr.

TRÉFILERIE. (*Arts mécaniques.*) Les fils de fer, de cuivre, d'acier, etc., se font en passant des barres métalliques dans des filières successivement décroissantes, afin de réduire ces fils à l'épaisseur voulue. A l'article Argue nous avons déjà donné quelque idée de ce genre d'industrie dont nous allons exposer ici les procédés. (*V.* fig. 6, Pl. 3 des *Arts mécaniques.*)

On se procure d'abord du fer, du cuivre, etc., de bonne qualité, exempts de toutes parties sulfureuses qui rendraient le métal cassant ; car la ductilité doit être la plus grande possible, surtout pour obtenir des fils fins. On soumet d'abord le métal à l'action de marteaux pesant depuis 25 jusqu'à 50 kilog., pour le réduire en barre de diamètre convenable à la plus grosse filière. Ces marteaux ou Martinets sont mus le plus souvent par l'eau ; quelquefois on préfère passer la barre au Laminoir à gorge cylindrique.

Pour préparer le fer à passer dans la filière, on chauffe 6 à 8 pouces du bout, et l'on forge de manière à avoir une petite tige ronde et régulière d'environ 6 pieds de long. On l'amincit, on la taille sur l'enclume, et

on remet toute la barre au feu de forge; puis on l'étire à la filière, à l'aide d'une machine. Il y a plusieurs appareils en usage, selon le degré de force et de régularité qu'on exige; nous les décrirons successivement.

La fig. 3, Pl. 61 des *Arts Mécaniques*, est le *banc à tirer* à levier. AB est un levier coudé; on imprime au bras B, le plus long, un mouvement de bascule, par un mécanisme quelconque; le court bras A en reçoit un de va-et-vient. D,E, est un madrier en plan incliné, sur lequel est fixement arrêtée une filière E, entre des chevilles *a,a*, qui y sont implantées; une tenaille *i* saisit le bout du fil, et étant tirée par l'effort du levier, force la barre ou le fil à traverser le trou de filière, et à se mouler sur son calibre. Quand la tenaille a opéré son mouvement d'ascension, la bascule la fait redescendre, et le tirant C, en la poussant en avant, force la tenaille de s'ouvrir pour aller saisir le fil un peu plus bas. Le mouvement se continuant de la sorte, la barre entière passe à travers la filière. On la passe ensuite dans une filière de moindre calibre, et ainsi de suite.

Dans les grandes fabriques le mouvement est imprimé au bras B du levier par les dents de l'arbre d'une roue hydraulique qui, en pressant le bout, l'abaisse; et quand la dent cesse de presser, le bras A se relève et reprend sa première position à l'aide d'une corde attachée au bout d'une perche fixée au plafond par l'autre bout, et qui agit comme un ressort. Le poids des tenailles suffit pour les faire redescendre le long du banc, et elles s'ouvrent en lachant le fil. Il y a de ces machines qui tirent 2 pouces de fil à chaque coup et donnant 48 coups par minute; d'autres tirent 4 ou même 5 pouces, faisant une excursion par seconde.

Dans la fig. 4 le mouvement est imprimé au treuil A à bras, et avec les quatre leviers B. Du reste la tenaille D est tirée par la corde ou courroie C qui s'enroule sur le treuil. Ici le mouvement est continu.

Mais dans ces deux machines, l'action ne s'exerçant que par saccades, le fil n'est pas régulier, et l'on ne peut se servir de ces procédés pour faire des fils fins. Dans la fig. 5 le mouvement est transmis par un engrenage qu'on fait tourner avec une manivelle; et comme on peut même y adapter un volant, le fil n'est jamais tiré tantôt vite, tantôt lentement, et est très-régulier. On conçoit qu'ici le mouvement est peu rapide et uniforme, et que la compression de la filière ne permet pas au fil de prendre de l'expansion à sa sortie, comme cela a lieu dans le cas d'un mouvement vif.

Pour obtenir des fils fins on est obligé de réduire peu à peu les gros fils en les allongeant par des tirages réitérés à travers des filières successivement plus petites. On se sert de la machine, fig. 6., qu'on meut à la main par la manivelle C. Les fils sont sur un dévidoir D qu'on place dans un tonneau plein d'eau d'empois ou de bière aigre, afin d'enlever l'oxide de la surface du fil; car à chaque tirage il faut recuire le fil pour l'adoucir et en détruire le nerf, ce qui le couvre d'une couche d'oxide : les fils sont cassans quand on ne les a pas recuits. Les fils traversent la filière E, et viennent s'enrouler sur le cylindre tournant A.

L'appareil fig. 7 est très-bien combiné pour faire des fils fins. Deux cylindres égaux A, R, tournent en sens contraire à l'aide de la manivelle B et du pignon S qui mènent les deux roues T et V; mais l'un des axes de ces roues est seul commandé par l'engrenage; car les roues sont montées sur des parties cylindriques de l'axe; et un bout de cet axe est carré; elle fait tourner le cylindre, tandis qu'elle tourne isolément quand la roue entre dans ce carré dans le cas contraire. C'est ce qu'on appelle un *embrayage*, en mécanique. Un levier *l*, *v*, qui a son centre de rotation en W, sert, en basculant, à mouvoir les deux roues sur leur axe, de manière que l'une passe sur le carré quand l'autre est poussée sur la partie cylindrique, et réciproquement, selon qu'on meut le levier dans un sens, ou en sens contraire. Ainsi l'une des roues fait tourner son cylindre quand l'autre le laisse libre, et cela tour à tour et au gré de l'ouvrier.

Or, lorsque le fil est enroulé sur le cylindre R, qui ne fonctionne alors que comme dévidoir, on fait passer ce fil sur le cylindre A, en traversant la filière E, qui est percée d'un grand nombre de trous; on opère ainsi à la fois sur plusieurs fils qui viennent s'enrouler chacun sur le cylindre A, où il y a des gorges dans lesquelles une barre de métal est adaptée de manière à les remplir exactement : et lorsque le dévidage est terminé, on passe les bouts des fils dans un plus petit trou de la filière, on engrène la roue V sur son arbre carré, en rendant à la roue T sa liberté; et le même mouvement de rotation fait passer les fils du cylindre A,

qui ne sert plus que de dévidoir, sur le cylindre R, et ainsi de suite.

Après deux ou trois opérations de ce genre il faut recuire les fils ; on les fait passer sur une bobine M que meut la manivelle *m*.

Enfin la fig. 8 représente l'appareil qui sert à fabriquer les cordes de piano, et à faire des fils de cadres pour le coton et la laine. A A A sont des rouleaux coniques montés sur des axes verticaux qui sont menés par un engrenage placé sous le banc ; les dévidoirs E E E sont dans des barils pleins de l'eau acide qui décape les fils. Pour faire tourner ces rouleaux on les enlève sur leur axe, afin de mettre en prise une barre traversant l'axe et située dans leur intérieur, avec deux gougeons qui arrêtent le rouleau sur son arbre. Quand le tirage est fini, on laisse tomber le rouleau, et il demeure immobile, quoique le mouvement continue.

La compression qu'éprouve le fil l'échauffe jusqu'à le rougir, surtout quand il a un fort diamètre. Le trou de la filière se détrempe peu à peu et finit par s'agrandir et se déformer. Le fil est donc inégal et d'un calibre variable dans sa longueur. Pour éviter ce défaut on *jauge* de temps à autre les fils et on les examine, afin de réparer et retremper la filière quand on en reconnaît la nécessité.

L'épaisseur des fils est déterminée par une *jauge* ; il y en a de deux espèces : l'une est une fente, en angle fort aigu, pratiquée sur une plaque de tôle ; des traits et des numéros placés en divers lieux des côtés de cet angle marquent la distance des points opposés. On entre le fil dans l'angle et on l'y pousse le plus près qu'on peut du sommet ; le numéro auquel il s'arrête est celui du fil et en détermine le diamètre. La jauge de Limoges est un disque de fer dont le contour porte des échancrures de différentes largeurs et numéros. On essaie celle de ces encoches où le fil entre juste.

On fait des fils de métal à Laigle, dans la Haute-Saône, l'Orne, etc., en Allemagne et en Angleterre. La fabrique de M. Mignard-Billinge, près de Paris, est une des mieux montées. On y tréfile même des pignons d'horlogerie. Les filières sont façonnées en conséquence, et le fil d'acier qu'on y passe prend la forme d'un très-long pignon garni de ses ailes. Les horlogers taillent ces fils de longueur, les réparent, les percent dans l'axe et y introduisent de force la tige qui doit porter les pivots.

La table suivante donne les poids des fils d'après leurs diamètres, et les numéros correspondans de la jauge de Limognes, usitée dans le commerce. (*V.* à l'article ACCORDEUR ce qui a été dit des cordes de piano et de leurs numéros.)

Longueurs de fils qui pèsent 1 *once ou* 31 *grammes, d'après les diamètres et les numéros de ces fils.*

Numéros des fils.	DIAMÈTRES APPROCHÉS. en lignes.	DIAMÈTRES APPROCHÉS. en millimètres.	LONGUEUR qui pèse une once. Pieds	pouces ;		mèt.
1	un quart	un demi	40	»	=	12,999
2	un tiers faible	deux tiers faibles	32	»	=	10,395
3	un tiers	deux tiers	26	»	=	8,446
4	un tiers fort	deux tiers forts.	23	»	=	7,471
5	demie faible	un faible	18	»	=	5,847
6	demie juste	un	13	»	=	4,222
7	demie forte	un fort	12	»	=	3,898
8	*idem*	*idem*	10	»	=	3,248
9	*idem*	*idem*	8	»	=	2,599
10	deux tiers	un et demi	7	»	=	2,273
11	deux tiers forts	un et demi fort.	6	»	=	1,949
12	*idem*	*idem*	4	»	=	1,299
13	à très-peu près	les mêmes nombres.				
14	trois quarts.	un trois quarts.	3	»	=	0.975
15	une	deux	2	6	=	0,812
17	une et un quart	trois	1	8	=	0,541
18	une et demie	trois et un quart	1	4	=	0,433
19	une et deux tiers.	trois et demi	1	2	=	0,379
20	deux	quatre	1	»	=	0,325

Cette table servira à trouver le poids d'une longueur donnée d'un fil dont le numéro est connu d'après la jauge, et réciproquement. Plus le fil est gros, et plus son numéro est élevé. On fait des fils jusqu'au numéro 30, mais ils sont peu employés au-dessus du numéro 20. Ainsi un fil du numéro 10 pesant 1 once quand la longueur est 7 pieds, il s'ensuit qu'une livre de ce fil a 7 fois 16, ou 112 pieds de long.

Les longueurs et diamètres cités dans notre table ne sont qu'approchés, ce qui suffit parfaitement pour le commerce; mais si l'on voulait obtenir des nombres plus exacts, afin de procéder à quelque expérience de physique, voici la théorie et la formule dont on devrait se servir.

Soit v un volume de fer, et p le poids spécifique de ce métal; $x=pv$ est le poids du volume v exprimé en grammes, v l'étant en centimères cubes. Or, un fil de métal long de l mètres est un cylindre dont le diamètre est de d millimètres, le volume v est $\frac{1}{4}\pi d^2 l$. Ainsi

$$x = \frac{1}{4}\pi d^2 l.$$

Nous prendrons la densité du fer $p=7,788$; le poids $x = 30,5941$ grammes $=$ 1 once; et il viendra pour la longueur l d'un fil de d millimètres d'épaisseur pesant 1 once,

$$l = \frac{123,1764}{\pi p d^2} = \frac{5,0344}{d^2};$$

formule qui donnera la longueur du fil, connaissant son épaisseur, ou réciproquement : on a log 5,0344 = 0,7019517.

On fabrique aussi des fils très-fins, dits *carcasses*, pour les usages des modistes, pour les cordes filées des instrumens de musique, etc. Ces fils suivent un autre ordre de numéros, depuis 8 jusqu'à 30, en diminuant de diamètres.

Les fils d'acier exigent moins de force pour s'étirer que ceux de fer, mais ils sont aussi moins résistans et plus chers. On les emploie à mille usages : les aiguilles à tricoter, les alênes de cordonniers, les aiguilles à coudre, les cordes de piano pour les sons aigus, les cardes à laine, etc. Les fils de fer servent à faire des treillages de jardins, des cages, des grillages, des toiles métalliques, etc. On les réunit en cordes pour les machines qui exercent une grande force de traction, pour suspendre des corps très-lourds, etc.

La mécanique a souvent besoin d'apprécier la résistance dont les fils sont capables, et leur élasticité. Nous avons traité, à l'article CORDES, de la force nécessaire pour les fléchir; à l'article TORSION, de la force qu'elles développent pour se détordre, et de celle qu'on doit exercer pour les tordre d'un nombre de degrés donné, etc.; mais il importe surtout de savoir calculer si un ou plusieurs fils de fer sont capables de porter un poids donné; les expériences de M. Séguin, sur les ponts suspendus par des cordes en fils de fer, lui ont montré que chaque fil résiste à fort peu près à une tension de 60 kilogrammes par millimètre carré de section, et même de 80 kilogrammes pour les fils les plus fins; tant le fer dont on les fabrique offre de ténacité lorsqu'on l'a pris d'une qualité convenable pour supporter le tréfilage. Un petit calcul donne la résistance de tout autre fil de fer, parce que cette force varie proportionnellement aux surfaces de section, c'est-à-dire aux carrés des diamètres. Ainsi une corde composée de 30 fils dont chacun a 0,2 millimètres de surface transversale par section, porte 30 fois le poids qu'un de ces fils peut soutenir; et ce fil portant les 0,2 de 60 kilogrammes, ou 12 kilogrammes, la corde, chargée de 12 fois 30, ou 360 kilogrammes, sera sur le point de se rompre, sans toutefois se briser. Bien entendu qu'on a soin de ne charger la corde que du tiers ou du quart de ce poids, pour ne pas courir le risque de la rompre; surtout en considérant que tous les fils n'étant pas sans défauts, ceux qui sont faibles se briseraient, et ne devraient plus être comptés dans le nombre.

Le fil qui a 1 millimètre carré de section a 1mm, 128379 pour diamètre, et peut porter 60 kilogrammes. Un autre fil dont le diamètre est un millimètre ponrra donc porter un poids x que donnera la proportion

$$(1,128374)^2 : d^2 :: 60 \text{ kilog.} : x = \frac{60\, d^2}{(1,128379)^2}.$$

Ainsi on peut charger ce fil, sans le rompre, du nombre de kilogrammes

$x = kd^2$, k étant $= 53,17374$, log $k =$ 1,7256962.

Cette formule servira à résoudre toutes les questions qui se rapportent à la résistance des fils de fer.

Quand un fil de métal est chargé d'un poids p, et que la longueur de ce fil était l avant de le tendre, la tension l'allonge de la quantité

$$y = \frac{\alpha p}{l}$$

a est une constante qui dépend de la nature du fil, et l'expérience fait connaître ce nombre dans chaque cas particulier, l est exprimé en mètres, p en kilogrammes. Cette équation suppose que le poids p n'approche pas de la limite où le fil serait rompu, car alors les conditions physiques seraient changées. Fr.

TRÈFLE. (*Agriculture.*) Cette plante est cultivée, comme le sainfoin et la luzerne, en prairies artificielles : c'est principalement le *grand trèfle de Hollande* (*trifolium pratense*) qu'on préfère aux autres espèces. Toute terre qui n'est pas aride ou très-aquatique lui convient, et surtout celle qui est légère et fraiche. Après un ou deux labours, et souvent sans fumer, on le sème avec le seigle, en automne, ou avec l'avoine ou l'orge, en mars. Il faut environ 12 livres de graines par arpent, plus ou moins, suivant la richesse du sol : la semence de la dernière récolte réussit mieux que celle de deux ans. On associe quelquefois le trèfle avec d'autres fourrages; mais cette pratique est vicieuse, parce que la maturité ne se fait pas à la même époque. Au reste, quelquefois on fait le semis de trèfle sans autres graines; mais il y a avantage à associer le trèfle à quelque céréale, qui protége les jeunes pousses contre les ardeurs du soleil, et paie, par sa récolte, les frais de culture.

La seconde année le trèfle est en plein rapport; on peut le faucher trois fois l'an, et même quatre et cinq fois dans les bons terrains. Le plâtre est un excellent engrais. On fauche à l'époque où la plante entre en fleur, qui est un peu après la coupe des luzernes et des sainfoins. Il est d'une dessiccation difficile; aussi ce fourrage sec est-il toujours noir; il est sujet à se moisir et à s'échauffer.

Mais pour récolter les graines il faut laisser la plante se dessécher sur pied. Il n'est pas rare de retirer jusqu'à 1500 kilogrammes de graines d'un bon arpent. La plante ne peut durer que deux ou trois ans; mais la coupe de la seconde année est si productive, que le désavantage disparait, ce qui fait souvent préférer la culture du trèfle à celle des autres fourrages. Le blé croit très-bien dans un champ de trèfle défriché, et ce mode d'assolement est regardé comme excellent. Les frais en sont médiocres, les produits abondans et les résultats immenses, comparés aux stériles jachères dont il dispense complètement. Les années sèches ou pluvieuses ne sont pas nuisibles au trèfle, à moins que ces intempéries de saison ne soient poussées à l'excès.

Comme la culture du trèfle se fait suivant les mêmes principes que celle de la Luzerne, nous renvoyons à ce dernier article, pour éviter les répétitions. Fr.

TREILLAGEUR. (*Agriculture*). Les treillages sont des brins de bois qu'on dispose en mailles quadrangulaires en les croisant de différentes manières pour en faire des clôtures, ou plus souvent pour en couvrir des murs de jardin, afin d'y palisser les arbres. (*V.* Palissade.) Nous ne traiterons ici que de ce dernier emploi, qui est le plus ordinaire.

Quoique toute espèce de bois puisse être employée à faire des treillages, on se sert de préférence des jets de bois qu'on peut refendre en baguettes minces et droites, ayant un pouce et demi environ de largeur sur une longueur variable. Le chêne blanc, le frêne et le châtaignier conviennent à cet usage, surtout le dernier. Le bois doit être sec, sans aubier et en règles le plus droites possible. On les peint souvent à l'huile des deux côtés avant de les mettre en place.

Le mur est garni d'espace en espace, et à des hauteurs régulières, de clous à crochet scellés avec du plâtre; ces clous, qu'on remplace quelquefois par des os de mouton, par économie, servent de soutient à trois ou quatre séries de brins horizontaux. On ajuste bout à bout les brins d'une même ligne avec du fil de fer, après avoir taillé en biseau les deux extrémités qu'on accole. Si le brin n'est pas droit, on le redresse en donnant un coup de serpe en travers; ce qui permet de fléchir le bois en l'éclatant un peu.

On dispose ensuite des brins verticaux qu'on attache aux précédens avec des liens en fil de fer tordus avec des tenailles. La distance des brins, c'est-à-dire la grandeur des mailles, est arbitraire. On donne ensuite sur le tout une nouvelle couche de peinture à l'huile, en couleur verte, ou brune, ou, etc.

On fait aussi des treillages en osier, en gros fil de fer, etc. Les principes sont les mêmes.

Voici le moyen de faire le devis d'un treillage. On mesure la longueur et la hauteur du mur, et l'on décide quelle sera la hauteur et la largeur des mailles, d'après les circonstances locales. Or, il faut savoir

que ce qu'on appelle une *botte de treillage* (dont le prix varie de 26 à 36 et même 40 sous, selon les temps), est composée de brins qui, mis bout à bout, font une longueur de 36 toises, ou 216 pieds, quelle que soit d'ailleurs la longueur des brins; car il y a des bottes de 6 pieds, de 7 pieds, de 8 pieds, etc.; seulement il y a moins de brins dans la botte quand ils sont plus longs.

On compte d'abord combien il y aura de brins horizontaux dans la hauteur du mur, d'après celle de chaque maille, en tenant compte de la largeur du bois; ce nombre multiplié par la longueur du mur, indiquera combien il faut de pieds de treillage pour les brins horizontaux. Quant aux verticaux, on a soin de prendre des bottes dont la longueur soit juste celle du mur, pour ne pas perdre du bois et du temps à le couper. D'après la largeur que l'on veut donner à la maille, et en tenant compte de celle des brins, on voit de suite combien il faudra de brins verticaux pour achever le treillage. Le nombre de pieds ainsi déterminé, ajouté à celui qu'on a déjà trouvé pour les brins horizontaux, donnera une somme qui, divisée par 216, aura pour quotient le nombre de bottes.

Quant à la façon, elle se traite de gré à gré avec l'ouvrier, qui ordinairement se contente de 12 sous la toise carrée, en fournissant le fil de fer, mais sans compter le prix de la peinture. Fr.

TREMBLE. (*Agriculture.*) Arbre d'un beau port, qui est une espèce de Peuplier. Les feuilles, portées sur des queues ou *pétioles* grêles et aplatis, sont agitées par le moindre souffle, ce qui lui a fait donner par les botanistes le nom de *populus tremula*. On n'emploie guère le tremble qu'à faire des voliges ou de petits ouvrages de tour : il donne peu de chaleur et brûle rapidement; on s'en sert pour chauffer le four. Ce bois prend beaucoup de retraite en se desséchant et se fend avec excès : sec, il pèse 37 liv., 6781 par pied cube; le décimètre cube pèse 5,38 hectogrammes. Les feuilles et les bourgeons des jeunes rameaux sont propres à la nourriture des vaches, des moutons et des chèvres. Ce qui a été dit de la culture du Peuplier est applicable à cette espèce. Fr.

TRÉMIE, TRAQUET. (*Arts mécaniques.*) On nomme ainsi un grand entonnoir quadrangulaire en forme de pyramide renversée, ordinairement construit en bois, et établi au-dessus d'un vase qui doit recevoir les substances qu'on y veut faire arriver. C'est ainsi que le grain qu'on veut moudre est débité dans l'œillard de la meule courante d'un moulin à farine. (*V.* Moulin.) Cette trémie est portée par deux *trémions*, pièces de bois qui se tiennent ensemble par des chevalets. La trémie sert aussi pour faire couler le sel dans les mesures, etc.

On donne encore le nom de *trémie* à de petites caisses de bois dans lesquelles on met le grain des pigeons, d'où il tombe peu à peu sur le fond par une fente longitudinale : les pigeons viennent prendre le grain qui leur sert de nourriture, en passant la tête par des ouvertures circulaires percées au-dessus de ce fond : cette trémie est fermée d'un couvercle.

Enfin les maçons appellent *trémie* le système de bandes de fer qui servent à soutenir les âtres et les languettes de cheminée. Fr.

TREMPE, TREMPER. (*Technologie.*) *Tremper* l'acier est une opération qui a pour but de durcir l'acier en le faisant passer subitement d'une température incandescente dans une atmosphère froide. Pour cela on le fait rougir au feu et on le trempe de suite dans une eau pure et froide, en le promenant, suivant la grosseur de la pièce d'acier, dans cette même eau ou dans une autre, pour renouveler les surfaces et le laisser entièrement refroidir dans l'eau. (Pour ces diverses manipulations, selon les diverses qualités de l'acier, *V.* Acier, Aiguilles, Armes blanches, Bijouterie d'acier, Coutelier, Étoffes d'acier, Faux, Limes, etc.) L.

TREUIL, TOUR. (*Arts mécaniques.*) Cette machine est composée d'un arbre cylindrique AB (fig. 7, Pl. 60 des *Arts mécaniques*) qui peut tourner sur des appuis fixes, à l'aide des Tourillons C et D, qui sont le prolongement de son axe. Une roue EF perpendiculaire à cet axe CD fait corps avec le cylindre. Deux forces P et R agissent pour faire tourner cet arbre en sens contraire; savoir, la résistance R qui agit sur le cylindre, et la puissance P qui agit sur la roue : ces actions sont exercées tangentiellement aux surfaces. Comme la roue n'a ici d'autre fonction que celle d'une poulie, les directions relatives des forces sont inutiles à considérer; on peut si l'on veut les supposer parallèles, comme on le voit fig. 8, sans rien changer à l'état de repos ou de mouvement

du système, puisqu'il suffira de supposer que la corde PE enveloppe une plus grande partie de la roue, sans cesser d'être tangente, pour que la direction PE devienne parallèle à Re. (*V.* Poulie.)

Il est clair par cet exposé que le treuil n'est qu'une espèce de Levier, et que tout ce qui a été dit précédemment de cette dernière machine est applicable à l'autre. Ainsi, lorsqu'on néglige le frottement, pour que la puissance P fasse équilibre à la résistance R, il faut que ces forces soient en raison inverse de leurs bras de levier; savoir, P : R : : Fe : FE. En représentant par r le rayon du cylindre et par p celui de la roue on doit avoir cette relation,

$$P \times p = R \times r,$$

ou *la puissance qui agit tangentiellement à la roue d'un treuil est à la résistance qu'elle met en équilibre, et qui est tangente au cylindre, comme le rayon du cylindre est au rayon de la roue.*

Cette équation permet de déterminer l'une quelconque de ces quatre quantités P, R, p et r, quand on connaît les trois autres, dans le cas d'équilibre sans frottement. Mais le frottement change beaucoup cette relation; et quoique, dans l'état réel des choses, on ne puisse pas considérer le treuil comme un levier simple lorsqu'on veut avoir égard au frottement, cependant les conditions deviennent alors si compliquées, qu'on est dans l'usage, pour la pratique, de ne considérer le treuil que comme un levier. Il ne nous reste donc rien à ajouter à ce qu'on a dit sur ce sujet. (*V.* Levier.)

On voit que le treuil, ainsi que le levier, peut être employé à mettre en équilibre des forces très-inégales; car si, par exemple, le rayon p de la roue est dix fois celui r du cylindre, la force P fera équilibre à une résistance R dix fois plus grande que P : le poids d'un homme, d'environ 75 kilogrammes, en supportera 750. Aussi le treuil est-il d'un fréquent usage dans la pratique.

On donne à cette machine des formes très-variées, qui prennent des noms particuliers, et dont il a été traité pour chacune à son article spécial. Ainsi le Cabestan (fig. 5 et 6, Pl. 8 *bis*) est un treuil dont l'axe est vertical, et dont la roue est remplacée par des leviers croisés. La Chèvre (Pl. 9) est une machine composée d'un treuil et d'une poulie mobile. La *roue de carrière* (fig. 9, Pl. 60) sert à élever des profondeurs de la terre les pierres qu'on en a extraites : un homme en montant sur les échelons plantés sur le contour d'une grande roue, surmonte le poids des pierres qui sont attachées à la corde enroulée sur le cylindre. Les Manivelles, si fréquemment employées, ne sont non plus que des treuils; nous en avons donné des exemples, Pl. 34, dans le chapelet, Pl. 6, etc.; il faut en dire autant des Roues dentées, Pl. 54; des Roues hydrauliques, Pl. 53, etc. Bien qu'on ne trouve pas dans tous ces appareils une force qui tire une corde tournée sur une roue, et une résistance qui agisse sur un cylindre, cependant il est évident que tout s'y passe comme si les choses étaient dans l'état représenté fig. 7, Pl. 60. L'équation $Pp = Rr$ est toujours celle qui établit dans toutes ces machines la relation d'équilibre entre la puissance et la résistance.

Comme il importe surtout de diminuer le frottement dans les grandes machines, il peut être utile de garnir les collets sur lesquels on fait mouvoir les tourillons, de galets qui changent le frottement en le réduisant à la seconde espèce. (*V.* Frottement.)

Fr.

TRICOT, TRICOTAGE, TRIÇOTEUR, TRICOTEUSE. (*Technologie.*) Nous avons réuni sous un même titre plusieurs choses qui ont trop de rapport entre elles pour ne pas les renfermer dans le même cadre, dans la vue d'en abréger la description. Cet article est un renvoi du mot Bas (T. II, page 568), et du mot Bonnetier (T. III, page 312.)

Au T. XIII, page 352, nous avons décrit le métier à bas ordinaire, à l'aide duquel on fabrique une sorte d'étoffe sans chaîne, formée par une trame, qui, dans l'allée et la venue de la navette ou de ce qui en tient lieu, forme des boucles qui s'entrelacent les unes dans les autres, et constituent une étoffe solide que tout le monde connaît, et qu'on nomme *tricot.*

Avant que le métier à bas ne fût inventé, les femmes, de temps immémorial, s'occupaient de fabriquer à la main des bas, des chaussons, des bonnets, etc., enfin tous les objets du ressort du *bonnetier;* on leur donnait le nom de *tricoteuses*, et l'on désigne sous le nom de *tricotage* l'action de faire le *tricot.*

Le mot *tricoteur* a été donné, en 1808, par M. Julien Leroy, à un métier de son invention, qui fait le tricot de toute espèce par mécanique et par le seul mouvement de rotation produit par une force quelconque

appliquée à une manivelle. M. Leroy nomme cet instrument *tricoteur français;* son brevet est expiré depuis le 4 mars 1823, et il n'est pas encore publié. Nous l'aurions décrit; mais nous y suppléerons par la connaissance de quelques autres inventions de ce genre qui méritent quelque attention.

Ceux qui connaissent parfaitement la construction et les effets du métier à bas ordinaire, sentiront facilement ce que nous allons dire sur les perfectionnemens qu'on a apportés à sa construction, pour arriver au but que les auteurs voulaient atteindre. Pour nous bien comprendre, on doit lire auparavant la description du métier à bas.

M. Sarrazin, de Lyon, avait imaginé un métier à bas propre à faire des bas à côtes, qu'il nommait *métier à côtes mécanique;* il ne prit aucun brevet ni privilége; il était tombé dans le domaine public. Ce métier, avant le premier janvier 1791, époque de la loi sur les brevets, était entre les mains de tous les ouvriers.

En 1803, M. Jeandeau perfectionna le métier à bas, qu'il serait trop long de décrire avec les planches qu'il exigerait, et dont on peut prendre connaissance dans le T. II des Brevets expirés, pag. 200. Les perfectionnemens apportés par cet habile mécanicien ont été reconnus comme étant de la plus haute importance.

Ces deux améliorations ont servi de base à tous les métiers qui ont été imaginés pour faire mécaniquement les *tricots*, les *tulles* et les *dentelles*, et dont nous allons faire connaître les avantages, en indiquant les sources dans lesquelles le lecteur pourra consulter les descriptions et les dessins.

En 1791, M. de Croix profita de l'invention de M. Sarrazin pour fabriquer des tricots en or, en argent et en autres matières, tramés sans envers. (*V.* le T. I des Brevets expirés, p. 180.)

En 1808, MM. Legrand et Bernard, en mettant à profit l'invention de M. Sarrazin et les dispositions du second mécanisme adopté par M. Jeandeau, qu'ils ajoutèrent au métier à bas ordinaire, imaginèrent des moyens mécaniques à l'aide desquels ils parvinrent à fabriquer le tricot à jour, qu'ils appelèrent *tricot de Berlin*. (*V.* le T. IV des Brevets expirés, page 272.)

La même année 1808 M. Pierre Coutan, en se basant sur les mêmes dispositions que les précédens, par des changemens ingénieux qu'il fit au métier à bas ordinaire, construisit une mécanique propre à fabriquer le tricot à jour dit *toile d'araignée*. (*V.* le T. IV des Brevets expirés, pag. 279.)

En 1814, le brevet de quinze ans pris par MM. Jolivet et Cochet, de Lyon, expira; il ne fut publié qu'en 1823. Ce ne fut qu'à cette époque qu'on put apprécier les avantages immenses que procurait cette invention. La nouvelle manière dont il construit ses aiguilles, et les procédés qu'il emploie pour les monter sur son métier, lui fournissent des moyens faciles de fabriquer du tricot à doubles mailles fixes. (*V.* le T. V des Brevets expirés, p 51.)

En 1809, MM. Pouillot, Fayolle et Hullin, de Paris, imaginèrent une machine à fabriquer le tricot à jour connu sous les noms de *tricot de Berlin*, *toile d'araignée*, *œil de perdrix*, etc. « Cette machine, placée horizontalement en avant du métier à bas ordinaire, se pousse contre l'ouvrage; ses aiguilles vont se loger dans la cavité de celles du grand métier, et la tête de ces dernières se loge en même temps dans la cavité beaucoup plus grande des aiguilles de la machine; puis, par un mouvement du métier d'arrière en avant, on ramène les mailles sur les aiguilles de la machine, et par un mouvement de côté on les porte chacune sur les aiguilles voisines; après quoi l'on repousse d'un coup de doigt la lame, qui renvoie l'ouvrage en arrière : ces mouvemens répétés forment le tricot à jour. »

Par ce faible extrait, on conçoit facilement la marche de la machine que ces divers inventeurs ont constamment combinée avec le métier ordinaire, en y faisant quelques légers changemens. (*V.* le T. V des Brevets expirés, page 65.)

En 1811, deux brevets furent délivrés, le premier à MM. Nicolas Louis, Louyet, Cartier, Brauinnger, Legrand, et Pierre Louis, de Paris; le second à MM. Delahaye, Prevost, Poussin, Bonnend, Rohaut et Billon, de Paris, chacun pour cinq ans et pour le même objet; ils sont expédiés depuis 1816; ils ont sans doute été oubliés; on ne les trouve pas dans la Collection des Brevets expirés.

En 1812, M. Chevrier, à Paris, prit un brevet pour le même objet : on le trouve décrit au T. VII des Brevets expirés, p. 138.

En 1813, M. Thomas Judson, à Bruxelles, prit un brevet pour un métier à bas à l'aide duquel on fabrique des tricots cannelés. A

l'aide de trois mécanismes particuliers, décrits avec beaucoup de détails dans le T. VIII des Brevets expirés, page 20, appliqués au métier à bas ordinaire, on peut obtenir sur ce métier toute sorte d'ouvrages à côtes.

En 1820, MM. Pervany père et compagnie, Coulet et Marry, de Lyon, prirent un brevet de cinq ans pour des procédés de fabrication d'étoffes nouvelles dites *à filets carrés, à six pans, à grands jours ronds ou ovales, et à gros œillets,* sur les métiers connus à tricots dits *à la chaîne*. La description des brevets est très-longue; nous ne pourrions même nous rendre intelligible sans le secours d'une planche et de nombreux tableaux qui nous feraient sortir du cadre que nous avons adopté. (*V*. le T. XII des Brevets expirés, page 157.)

Indépendamment des brevets sur les tricots dont nous avons donné une courte analyse, il en a été délivré cinq, qui sont tous expirés depuis 1816 jusques et y compris 1824, et aucun ne se trouve mentionné dans les dix-huit volumes des Brevets expirés, dont le dernier, qui a paru en 1831, porte la date de 1829. Il y a apparence qu'ils ont été oubliés; ce qui prouve une grande négligence dans les employés du gouvernement déchu; négligence infiniment préjudiciable à nos manufactures et au commerce. Nous sommes certains qu'elle sera réparée sous notre gouvernement constitutionnel, et par les ordres de notre roi-citoyen.

En 1808, M. Julien Leroy, horloger à Paris, prit un brevet de quinze ans pour une machine à laquelle il donna le nom de *tricoteur français*, propre à fabriquer le tricot de toute largeur et de toute finesse. Ce mécanisme, extrêmement ingénieux, est d'une grande simplicité; il n'a aucun rapport avec les métiers à bas ordinaires. Il renferme un système nouveau de fabrication des tricots, et il mérite bien la réputation qu'il s'est acquise. Il est décrit T. X des Brevets expirés, page 209, avec figures.

Deux autres brevets ont été délivrés pour le même objet; mais l'un n'est pas encore publié, et l'autre n'est pas encore expiré.

L.

TRICOTEUSE. (*Arts mécaniques.*) On donne ce nom à une machine destinée à tricoter les fils de laine ou de coton pour en composer des jupons. C'est à Terneaux qu'on doit les nombreuses tentatives qui ont amené cet appareil au degré de perfection où il est parvenu. Dans l'impossibilité de décrire toutes les machines en usage, nous sommes forcé de nous renfermer dans l'exposition de celles qui sont le plus répandues; nous nous dispenserons donc de donner la figure et la description de cet appareil, d'autant plus qu'il est construit sur les mêmes principes que le Métier a bas. (*V*. cet article, et Pl. 38 des *Arts mécaniques*.)

Fr.

TRIPOLI. On donne ce nom, dans le commerce, à une substance ordinairement d'un gris rougeâtre, rude au toucher, lamelleuse, en fragmens plats, à bords informes. C'est un schiste de composition variable, mais qui contient une forte proportion de silice, de l'alumine et de l'oxide de fer, quelquefois aussi des traces de chaux, de magnésie et de manganèse.

Le tripoli se rencontre dans la nature tantôt avec l'apparence commerciale précitée, et alors il paraît avoir subi une combustion naturelle qui a détruit les substances hydrogénées et oxidé le fer; tantôt il est d'un gris-brun et renferme une assez grande proportion d'une huile bitumineuse, du charbon, des traces de matières organiques, des empreintes de poissons, du sulfure de fer en grains plus ou moins gros.

C'est dans ce dernier état qu'on exploite en Auvergne le schiste de Menat; rien n'est plus simple que sa conversion en *tripoli*. A cet effet il suffit de l'amonceler autour d'un pieu planté en terre sur un petit tas de brindilles de bois sec; on a soin de laisser le plus possible d'interstices entre les plaques de schiste, de les écarter même à l'aide de menues branches.

Lorsque le monceau est formé de 15 à 20 hectolitres on enlève le pieu, on jette dans le trou une pellée de braise enflammée; le bois sec s'allume, échauffe et enflamme graduellement la substance huileuse du schiste, et la température de cette combustion décomposant les matières organiques, oxidant le fer, laisse un tas de fragmens rougeâtres qu'on emballe dans des sacs ou dans des tonneaux lorsqu'ils sont refroidis, et après en avoir séparé quelques morceaux restés bruns ou noirs par défaut de chaleur ou d'accès d'air.

Le tripoli mis en poudre et passé au travers d'un tamis fin, s'emploie pour nettoyer, polir ou préparer la surface d'une foule de pièces métalliques ou d'autres corps durs.

Le schiste d'Auvergne et d'autres schistes bitumineux, calcinés en vase clos, donnent

une huile à la distillation, et laissent un résidu charbonneux employé dans la décoloration des sirops. (*V.* les mots Charbons, Noirs décolorans, Houille, etc.) P.

TROMBE, TROMPE (*Arts mécaniques*), appareil de ventilation qui est destiné à lancer le vent dans les fourneaux, en se servant d'une chute d'eau. Cette machine a été décrite à l'article Soufflerie. (*V.* fig. 7 et 8, Pl. 58 des *Arts mécaniques*.) Fr.

TROMBONNE. (*Arts physiques*). C'est une espèce de trompette qui est formée de tuyaux parallèles dont l'un coule dans l'autre, de manière à en accroître ou diminuer la longueur en faisant mouvoir la partie postérieure pour l'approcher ou l'éloigner de celle où est située l'embouchure. Comme la gravité d'un son dépend principalement de la longueur du tube qui le produit (*V.* Son), en allongeant ainsi, dans de certaines limites, le tube sonore du trombone, on lui fait rendre de beaux sons de basse. Cet instrument est la contre-basse des instrumens à vent. Du reste la fabrication en est réglée sur les mêmes principes que celle du cor, de la trompette, de l'ophicléide, etc. (*V.* Cor.) Il faut que le facteur prenne grand soin d'ajuster le calibre de ses tubes parallèles, de manière que le vent ne puisse pas s'échapper entre le tube intérieur et l'extérieur, et que cependant le glissement en soit très-facile. L'exécutant, par une habitude acquise, tire et allonge son trombone plus ou moins, et toujours au degré nécessaire pour obtenir le ton qu'il veut dans l'échelle diatonique; ton qui dépend, pour la même force de souffle, de la longueur du tube sonore. Cette longueur se compose de toutes les circonvolutions que font les tubes de cuivre et de celle des tuyaux parallèles mobiles que le vent parcourt. On tient le trombone à deux mains pour en manœuvrer les deux pièces mobiles. Fr.

TROMPETTE (*Arts physiques*), instrument de musique principalement usité pour les exercices de cavalerie. Elle est faite en cuivre, et l'on en tire des sons en y poussant le vent comme dans un Cor, par un *bocal*. Les deux canaux qui portent le vent s'appellent les *branches;* les deux parties où elles se courbent sont les *potences,* et le canal qui est depuis la seconde courbure jusqu'au bout est le *pavillon*. On donne le nom de *nœuds* aux endroits où les branches se brisent, se séparent, ou sont soudées; il y en a cinq.

La trompette sert principalement à sonner diverses manœuvres de cavalerie, savoir: le *cavalquet,* lorsqu'un corps approche d'une ville ou la traverse; le *boute-selle,* pour avertir de se mettre en marche; *à cheval,* l'*étendard,* la *charge,* le *guet,* le *double cavalquet,* la *chamade,* la *retraite;* tous ces chants, qui se font entendre de loin, avertissent un corps de cavalerie des mouvemens dont on lui ordonne l'exécution.

L'art de tirer des sons justes de la trompette est fondé sur les mêmes principes que pour le Cor (*V.* ce mot), et nous ne redirons pas ici quelle en est la théorie. On ne peut jouer que dans six tons, si♭, ut×, re×, mi♭, mi× et fa×, en employant pour chaque ton un corps de rechange. On ne fait sonner que quatre tons, la *tonique*, la *sutonique,* la *médiante* et la *dominante,* avec leurs répliques à l'octave. Cet instrument ingrat a pourtant une grande étendue, puisqu'une bonne poitrine peut en tirer plus de quatre octaves, et que les sons peuvent être aussi aigus que la force du souffle le permet. On tient la trompette d'une seule main, le pavillon tourné en avant, ce qui laisse libre l'autre main pour conduire le cheval.

Il y a des artistes qui savent tirer de la trompette des sons très-harmonieux; et cet instrument a même été introduit dans les grands orchestres, où il produit de beaux effets. Mais comme les ressources qu'il présente au compositeur sont très-bornées, on a réussi récemment à y adapter sept, dix et jusqu'à douze Clefs, comme aux clarinettes, ce qui accroit beaucoup la facilité de produire certains passages qui seraient trop difficiles ou impossibles sans ce secours. Au reste, l'introduction des *ophicléides* (*V.* Serpent a clef) dans les orchestres a beaucoup restreint les avantages de la trompette, parce que le premier de ces instrumens est beaucoup plus riche en effets, et a une plus belle qualité de son; mais comme on n'en tire que des sons graves, la trompette est conservée pour les chants aigus.

C'est à M. Halary qu'on doit les divers perfectionnemens apportées à ces instrumens. Un brevet d'invention que cet artiste a pris en 1821, en indique les tablatures. Ainsi avec la trompette à sept clefs l'étendue et depuis le si♭ au-dessus de la clef de sol, jusqu'à l'ut au-dessus de la portée de cinq lignes: on a donc plus de deux octaves qu'on peut parcourir par demi-tons; en

sorte qu'on peut jouer dans tous les tons sans corps de rechange.

Cet instrument, que l'auteur appelle *clavitube*, est en fa ; mais il en monte aussi en mi♭, en ut et en si♭, en changeant la longueur du tube. Il est formé d'un tube de cuivre recourbé en trois parties. Comme à l'ophicléide, on peut employer deux bocaux pour changer le ton naturel de l'instrument, et on l'accorde avec les autres instrumens de l'orchestre, à l'aide d'un mouvement du bocal, qu'on allonge ou accourcit un peu.

Nous avons expliqué à l'article Cor le procédé dont on se sert pour courber les tubes, en les emplissant de plomb fondu, les travaillant au marteau quand le tout est froid, et enfin les mettent au feu pour faire fondre et vider le plomb. Mais les courbures de la trompette et de l'ophicléide étant très-prononcées, cette opération exige plus de soin. On réussit à débarrasser l'intérieur du plomb qui y adhère, en y insérant plusieurs petits cônes tronqués en fer qu'on y fait danser en secouant. Par les chocs réitérés, le premier de ces cônes est chassé dans le tube, qui va en se rétrécissant de plus en plus; les cônes qui sont au-dessus et qui occupent une partie plus large se trouvent rester libres. Ces mouvemens éloignent le plomb intérieur et nettoient le tube. On retire ensuite les cônes en donnant des secousses en sens contraire ou même en chauffant le tube.

Fr.

TRUFFES. (*Agriculture.*) Ce sont des espèces de champignons qui croissent sous des terres sablonneuses et argileuses, à environ 2 décimètres de profondeur; elles sont semblables à la pomme de terre, mais n'ont ni radicules, ni tiges, ni rien qui paraisse au-dessus du sol; leur écorce est chagrinée, rugueuse; leur forme est irrégulière, arrondie, et leur grosseur celle d'un petit œuf de poule; mais il y en a de plus petites, et d'autres dont le poids s'élève, quoique très-rarement, jusqu'à 1 ou 2 kilogrammes. Leur intérieur est charnu, noir, brun marbré ou blanc. La substance exhale un parfum qui en fait un mets délicieux, recherché pour les tables somptueuses, surtout la truffe noire, qui est la plus savoureuse et la plus estimée. On n'a pu réussir encore à la cultiver, et il faut l'aller chercher dans les forêts de charmes, de châtaigniers, de chênes,... où elle croit naturellement, et où elle est une véritable richesse, car ce mets est ordinairement vendu à un prix élevé.

Les truffes n'existent guère qu'en automne et en hiver, ou du moins on ne les cherche que dans ces saisons, parce qu'en d'autres temps elles sont privées de leur arome. Celles de Périgueux et d'Angoulême passent pour être supérieures aux autres; on en tr ouve aussi en Piémont, aux environs de Grenoble, d'Avignon, dans les montagnes du Vivarais, des Cévennes, du Jura, de la Bourgogne, de l'Alsase, etc. Les indices auxquels on reconnait une truffière sont : 1° l'absence des plantes, parce que les truffes les font périr ; 2° le soulèvement du sol par l'effet du développement de ce champignon souterrain; 3° la présence sur terre de larves et de mouches que l'odeur attire.

La récolte se fait en fouillant au hasard dans les lieux où l'on présume qu'il existe des truffes; mais le plus souvent on se sert de cochons, qui en devinent la présence par le secours de leur odorat, qui est très-fin; on fouille aux lieux où ces animaux les indiquent. On dresse aussi des chiens à cette chasse. On a soin de récompenser par des appâts les succès obtenus dans cette recherche. C'est d'octobre en février qu'on y procède.

Il y a une variété de truffe blanche qui exhale une odeur d'ail ; on la prise beaucoup en certains pays : on en consomme une grande quantité en Piémont. La peau est lisse et la chair moins ferme, la saveur est plus aromatique et plus stimulante.

Lorsque les truffes sont sortie de terre on les frotte avec une brosse, et on les expose à l'air sec. On peut ensuite les transporter au loin, elles se conservent assez longtemps. Cependant comme la maturation les fait tôt ou tard tomber en eau fétide, lorsqu'on veut les garder on les immerge dans l'huile après les avoir lavées et écorchées. On peut encore les mettre dans l'eau-de vie ou les faire cuire dans le vin. On les coupe aussi par tranches, on les enfile et on les fait sécher à l'air, mais elles perdent une grande partie de leur parfum.

Les truffes sont une nourriture excitante réservée aux tables des personnes riches; on les fait entrer comme assaisonnement dans une multitude de mets différens. L'arome de ces tubercules réside principalement près de l'écorce; et il est si pénétrant qu'il se transmet aux volailles qui en sont

farcies, et dont il retarde beaucoup la fermentation. Il se fait un commerce de truffes assez étendu. Fr.

TUBE. (*Ars physiques.*) On appelle tube un tuyau de petit diamètre : on en fait en cuivre, en tôle, en verre, en porcelaine, etc., et chacune de ces substances exige un procédé spécial de fabrication.

Les tubes de cuivre qui servent à faire des lunettes et divers appareils de physique se font au Banc a tirer. (*V.* cet article et Tréfilerie.) Le métal, tiré par une force énergique, est obligé de passer dans un trou de filière qui l'allonge et le moule en cylindre allongé. Au milieu de la masse de cuivre est un *mandrin* ou baguette cylindrique en acier qu'on retire ensuite, et qui laisse vide l'espace intérieur.

Quelquefois on fait les tubes de cuivre avec de la tôle, en courbant le métal au marteau, joignant les bords, et les soudant à l'argent. C'est ainsi que se font les tubes de cuivre des instrumens de musique à vent. (*V.* Cor, Trompette.)

Les tubes de fer se font aussi de cette manière. On les étire à chaud maintenant en Angleterre.

Les tubes de porcelaine dont on se sert dans les laboratoires de Chimie sont fabriqués autour sur un mandrin ou dans un moule en plâtre. (*V.* Porcelaine, Poterie.)

Enfin les tubes de verre se fabriquent par un tour de main particulier. L'ouvrier prend une grosse goutte de verre en fusion au bout de sa canne de fer, et la souffle en boule; puis il la tire vivement par l'autre bout pour l'allonger, en tournant continuellement sa canne sur son axe. Il en résulte un tuyau creux dont le canal a un diamètre et une épaisseur dépendans des conditions du globe qu'on a soufflé.

Le canal est souvent conique intérieurement; mais comme le tube est très-long, en le fractionnant on trouve des longueurs où la partie creuse est sensiblement cylindrique. C'est avec ces tubes qu'on fait les baromètres, les thermomètres et une multitude d'instrumens et d'appareils de Physique et de Chimie. Quand on a besoin que le tube soit *calibré*, c'est-à-dire exactement cylindrique en dedans, on choisit, parmi les échantillons, et l'on en trouve bientôt qui remplissent cette condition. Au reste, on peut faire d'excellens thermomètres avec des tubes non calibrés. (*V.* Thermomètre.)

Pour faire des tubes de verre dont le canal intérieur soit plat, on opère de la même manière après avoir aplati la boule avant de la tirer, et l'on ne tourne pas la canne. Et comme alors le tube est plat en dehors, on ajoute de la matière en-dessus et en-dessous du globe aplati lorsqu'on veut que le tube soit cylindrique à l'intérieur. On a même imaginé d'appliquer une couche d'émail blanc sur le globe, pour que le tube qui en résulte porte une bande blanche longitudinale. Cette bande rompt la lumière et permet de voir facilement la marche de la colonne de mercure dans le thermomètre. Fr.

Tube de Pitot. Ce tube, qui sert à mesurer la quantité d'eau qui s'écoule dans un ruisseau, une rivière, a été décrit à l'article Écoulement. Fr.

TUILERIE, TUILIER. (*Technologie.*) Nous avons décrit l'art du *tuilier* cumulativement avec ceux du *briquetier* et du *carrelier*. (*V.* Briquetier-Tuilier-Carrelier.) L.

TULLE (Métiers a faire le). (*Technologie.*) On désigne sous le nom de *tulle* une étoffe à jour qui ressemble au fond des dentelles, qu'on fabrique sur le métier à bas ordinaire, auquel on fait l'addition d'un ou plusieurs mécanismes qui se combinent avec celui du métier ordinaire, comme on a pu s'en convaincre en lisant l'article Tricot. Le tulle est donc une sorte de tricot pour lequel les inventeurs ont pris des brevets spéciaux sous le nom de *tulle*. Nous nous bornerons à donner ici le tableau des richesses que nos manufactures ont acquises par l'expiration et la publication de ces nombreux brevets, en en donnant une analyse succincte, ou seulement la spécification.

En 1806, MM. Bonnard père et fils, à Lyon, prirent un brevet de quinze ans pour des perfectionnemens apportés au métier à bas, qui le rendent propre à fabriquer le tulle uni et façonné dont la maille est nouée comme dans le tulle anglais. Ce brevet est décrit très-intelligiblement au T. XIV, page 153, des Brevets expirés.

En 1809, MM. Legrand, Bernard et compagnie, à Paris, ont pris un brevet de cinq ans pour le même objet. (*V*, T. V, page 43.)

En 1810, MM. Nicolas Louis, et Alexis Louyet, à Paris, prirent un brevet de cinq ans pour un métier propre à fabriquer, dans toutes les largeurs, du tulle, des dentelles noires, façonnées ou zébrées, dites *tricots*

de Berlin, et autres ouvrages dits *peluchés*. Ils opèrent ces divers effets par trois châssis en fer, qu'ils combinent avec le métier à bas ordinaire. La description de ce métier, et la manière de s'en servir selon les divers cas, se trouvent clairement expliquées dans le T. XIV, page 96, des Brevets expirés.

En 1809, M. Jannin, à Lyon, prit un brevet de cinq ans pour un mécanisme propre à fabriquer du tulle et autres tricots à jour. Ce mécanisme consiste à combiner, avec le métier à bas ordinaire, deux châssis réunis à leurs extrémités par deux vis de rappel formant pivot, et pouvant se séparer comme sur une charnière. L'un est placé horizontalement devant le métier; l'autre s'élève verticalement. Celui-ci porte la barre aux aiguilles, qui ont une forme particulière. Par ce mécanisme il fabrique du *tulle double*. (*V.* la description, T. V, page 115, des Brevets expirés.)

En 1811, M. Desussy, à Lyon, prit un brevet de cinq ans pour un métier à fabriquer les tulles, perfectionné par l'addition d'un mécanisme qui le rend propre à faire toutes sortes de dessins sur un fond de dentelle en cours de fabrication. (*V.* T. XIV, page 100, des Brevets expirés.)

En 1812, MM. Gillet et Jourdant, de Bruxelles, prirent un brevet de dix ans pour une mécanique propre à fabriquer, avec toutes sortes de matières filamenteuses, un tricot de bas à jour nommé *tulle-piqué*. Cette mécanique ingénieuse est décrite avec figures dans le T. XIV, page 169, des Brevets expirés.

En 1813, M. P. Coutan, à Paris, prit un brevret de cinq ans pour la fabrication du *tricot-tulle* et autres tricots brochés, par un mécanisme ingénieux qui s'adapte au métier à bas ordinaire, et à l'aide duquel on obtient les diverses sortes de tricots. Ce mécanisme est clairement décrit avec figures au T. VII des Brevets expirés, page 280.

En 1818, M. Meynard cadet, à Nîmes, prit un brevet de cinq ans pour une étoffe en soie chinée, appelée *tricot velouté*, décrit avec figures dans le T. X des Brevets expirés, page 87.

Nous ne parlerons pas de plusieurs autres brevets qu'on a délivrés sur le même objet et sur les tricots, parce qu'ils ne sont pas expirés. Nous n'en citerons aucun pour fabriquer la dentelle, qui ressemblent aux métiers à tulle, et qu'on peut consulter aux T. II, VI, VIII, IX, XII et XIV des Brevets expirés, et qui ne paraissent pas avoir réussi. Il n'y a que celui de M. Heathcote, dont on a parlé au mot MÉTIER A DENTELLE, dont on a fait un éloge mérité, et que nous aurions décrit s'il eût été expiré. Il ne pourra être publié qu'en 1835. Ce métier est le plus parfait qu'on connaisse; non-seulement il fait les fonds, mais fait encore les broderies. L.

TUNGSTÈNE, OXIDE DE TUNGSTÈNE, ACIDE TUNGSTIQUE, TUNGSTATES. L'acide tungstique fut découvert en 1780, par Scheele, dans le minéral appelé depuis *scheelin calcaire* (*tungstate* de *chaux natif*.) MM. Delhuyart démontrèrent ensuite la présence de l'acide tungstique dans le wolfram, où il est uni aux oxides de fer et de manganèse. Ils obtinrent, outre l'acide tungstique, un métal nouveau ayant une très-grande analogie avec le molybdène, et qui reçut le nom de *tungstène*.

Ce métal se rencontre dans un très-petit nombre de combinaisons naturelles; on ne l'a obtenu qu'à l'état de tungstate de chaux, de tungstate de plomb et de tungstate de fer et de manganèse, ou de wolfram.

Ces minéraux se trouvent dans les terrains anciens. Le wolfram ou tungstate double de protoxide de fer et de manganèse existe dans les mêmes localités que le molybdène sulfuré; il accompagne ordinairement les minerais d'étain. On trouve le wolfram en Saxe, en Suède, en Cornouailles, en Espagne; la France en possède dans les environs de Limoges.

Le wolfram est brun foncé; son éclat est faiblement métallique; il s'offre tantôt en masses irrégulières, tantôt cristallisé. Il n'est pas transparent. On le réduit facilement en poudre. Sa densité varie entre 7,0 et 7,3. Il n'est pas magnétique et ne se liquéfie pas seul au chalumeau; avec le borax il fournit un verre verdâtre; avec le phosphate de soude ammoniacal il donne un verre d'une couleur rouge foncé.

Il existe plusieurs variétés de wolfram: M. Berzélius a donné l'analyse de la plus commune, elle contient

Acide tungstique . . .	74,3
Protoxide de fer . . .	18,3
Id. de manganèse .	6,2
Silice	1,2
	100,0

Le wolfram de Limoges contient la même proportion d'acide; mais les oxides de fer et

de manganèse s'y trouvent à poids égaux.

Dans l'analyse des minerais et autres substances tungstifères le tungstène se déduit de l'acide tungstique ; mais l'opération est imparfaite, parce qu'il s'en dissout dans les acides une quantité relative à la quantité du liquide des lavages ; on pourrait donc commettre de graves erreurs s'il s'agissait d'apprécier de petites quantités de tungstène ; enfin l'acide tungstique combiné avec un alcali ne peut en être séparé complètement sans difficulté : cependant le dosage est fondé sur l'insolubilité de l'acide tungstique dans les acides, et sa solubilité dans l'ammoniaque.

Il serait plus sûr de conclure la proportion du tungstène au moyen du tungstate d'ammoniaque qu'on ferait évaporer, et qu'on chaufferait en vase ouvert pour le convertir en acide tungstique. On éviterait ainsi les inconvéniens des lavages et la difficulté d'en séparer les alcalis fixes.

Protoxide de tungstène. — Cet oxide, suivant Berzélius, est brun peu foncé. On peut l'obtenir aussi en paillettes métalliques brunes ou rougeâtres. Chauffé au contact de l'air, il brûle comme de l'amadou et se transforme en acide tungstique ; préparé par voie humide, cet oxide est rouge de cuivre ; il donne avec la soude une combinaison d'une très-belle couleur d'or. Voici sa composition :

1 at. tungstène	1207,6 ou	0, 85, 54
2 at. oxigène	200,0	o, 14, 46
	1407,6	1, 00, 00

M. Wohler observe que si l'on chauffe un mélange de tungstate de potasse et d'hydrochlorate d'ammoniaque, l'acide tungstique est réduit par l'hydrogène de l'ammoniaque en oxide qui se sépare quand on dissout la masse de l'eau. On en a déduit le procédé suivant de la préparation de l'oxide de tungstène. On fond ensemble 1 partie de wolfram pulvérisé et 2 de carbonate de potasse ; on dissout le résidu dans l'eau, on y ajoute 1 partie et demie d'hydrochlorate d'ammoniaque ; alors on évapore à siccité, et l'on fait rougir la masse dans un creuset de Hesse jusqu'à ce que le sel ammoniac soit entièrement décomposé ou évaporé. En dissolvant la masse fondue dans l'eau chaude, il se sépare une poudre noire pesante qui est l'oxide de tungstène. On le fait bouillir avec une faible solution de potasse pure, afin d'enlever une petite quantité de tungstate de potasse acide peu soluble, et enfin on le lave à l'eau pure. Pour obtenir l'acide tungstique il suffit de chauffer cet oxide dans un creuset ouvert ; il prend feu et brûle vivement en se changeant en une poudre jaune.

Acide tungstique. — Cet acide correspond à l'acide molybdique par sa composition : pur il est d'un jaune serin, sans saveur, insoluble ; à l'état d'hydrate il reste en suspension et traverse les filtres, surtout quand on le précipite du tungstate d'ammoniaque. Il est infusible, inaltérable à l'air, sans action sur les couleurs bleues végétales. Sa densité est de 6,16. La chaleur et la lumière paraissent le ramener à l'état de tungstate de protoxide ou vert bleuâtre. Peut-être cette altération est-elle due aux matières étrangères que sa préparation y a laissées, à un peu de poussière, par exemple. Il se combine avec l'ammoniaque, les acides puissans, et forme ainsi des composés insolubles d'un jaune pâle ; sa combinaison avec l'ammoniaque a lieu lorsqu'il n'a pas été calciné.

Chauffé au chalumeau avec le borax il donne un verre vert ou rougeâtre, suivant les proportions. Avec le phosphate il se conduit de même à la flamme extérieure ; mais au dard intérieur il produit une belle couleur bleue semblable à celle de l'oxide de cobalt, quand l'acide est pur ; le fer et le manganèse altèrent cette couleur. Calciné, il est inattaquable par les acides ; à l'état naissant il est dissous par l'acide hydrochlorique ; mais il est séparé de cette dissolution par l'eau.

Lorsqu'il est calciné, sa combinaison avec les bases ne s'opère qu'à la chaleur rouge. Il renferme

1 at. métal	1207,7 ou	0, 8009
3 at. oxigène	300,0	0, 1991
	1507,7	1, 0000

On extrait facilement du tungstène de l'acide tungstique, au creuset brasqué ; mais autant la réduction est facile, autant il est peu aisé de fondre le métal réduit. On ne retire généralement qu'une masse spongieuse très-dure, très-aigre, à peine attaquable à la lime. La présence d'un carbonate alcalin rend la réduction plus aisée. En effet si l'on chauffe au chalumeau, sur le charbon, un mélange d'acide tungstique

et de carbonate de soude, on se procure facilement le tungstène en une poudre de couleur gris d'acier.

On obtient le tungstène en réduisant l'acide tungstique par l'hydrogène sec, il faut chauffer fortement. Le métal reste en poudre d'un gris foncé. Quand on substitue le tungstate acide de potasse à l'acide tungstique, le métal qui provient de l'excès d'acide décomposé par l'hydrogène prend un éclat métallique plus décidé, la présence du tungstate de potasse, qui fait fonction de flux, ayant favorisé sa cohésion.

Une solution du tungstate d'ammoniaque mise en contact avec du zinc donne du tungstène métallique en poudre brune.

Le tungstène est gris, spongieux ou grenu; sans éclat quand il n'a pas été bruni, il devient brillant par le frottement. Il est presque infusible. Sa densité, égale à 17, 6, en fait un métal fort remarquable en ce qu'elle le rapproche de l'or et du platine. Il est plus dur que le molybdène.

Il passe facilement à l'état d'oxide par le grillage, et ensuite à l'état d'acide. Il ne décompose pas l'eau, et ce liquide ne l'altère que par l'oxigène qu'il peut dissoudre. L'acide sulfurique et l'acide hydrochlorique concentrés ne l'attaquent pas. L'acide nitrique et l'eau régale le transforment en acide tungstique. Les alcalis, sous l'influence de l'air et d'une température rouge, le font passer à l'état d'acide, qui s'unissant à eux forme des tungstates. Le même effet est produit par le nitrate de potasse.

Le tungstène ne se combine pas directement avec le soufre. Il s'allie avec tous les métaux, les durcit, et se comporte comme le molybdène avec eux. Il n'altère pas beaucoup leur couleur. Il peut former des alliages ductiles avec le fer, le cuivre et l'étain.

Tungstates. — Les tungstates de potasse, de soude, d'ammoniaque, sont solubles; tous les autres sont insolubles. Ces sels sont toujours fusibles quand ils sont indécomposables par la chaleur. Les tungstates alcalins sont peu colorés ou jaunâtres; les autres présentent des teintes diverses. Mis en contact avec les acides forts, ils sont décomposés. L'acide molybdique et même plusieurs acides végétaux les décomposent aussi. Ordinairement le précipité est composé de beaucoup d'acide tungstique, d'un peu de l'acide employé et d'un peu de la base du tungstate; quelquefois il contient les deux acides seulement.

L'acide phosphorique est le seul qui ne donne pas de précipité avec les solutions de tungstates; c'est parce que le composé triple qu'il forme est soluble. Les acides forts qu'on fait bouillir avec les tungstates les décomposent totalement et mettent en liberté l'acide pur.

Les tungstates solubles ont une réaction alcaline; ils ne sont pas altérés par l'hydrogène quand ils sont neutres.

Le protochlorure d'étain, le zinc, le fer, produisent dans les tungstates rendus acides un précipité bleu. Les hydrosulfates ne les troublent pas, à moins qu'on n'ajoute un acide; le précipité est alors un persulfure. Les cyanures de potassium et de fer y forment un précipité brun par l'addition d'un acide; ce dépôt est légèrement soluble.

Le tungstate de chaux est grenu quand on le prépare par double décomposition. Ce sel existe dans la nature; il est connu des minéralogistes sous le nom de *scheelin calcaire;* c'est en l'examinant que Scheele découvrit l'acide tungstique.

Le tungstate de chaux est d'une couleur blanc jaunâtre et d'un éclat gras; sa forme est l'octaèdre régulier, son poids varie de 5,8, à 6. Infusible seul, il donne avec le borax un verre incolore.

Ce minerai a été examiné par Klaproth et Berzélius : c'est le tungstate neutre, dans lequel l'acide contient trois fois l'oxigène de la base. On peut l'analyser par les carbonates alcalines, ou mieux par le procédé suivant.

On fait bouillir le minerai en poudre avec de l'acide nitrique pendant long-temps; on étend d'eau et on lave le résidu pour enlever le nitrate de chaux; on verse ensuite sur le résidu de l'ammoniaque, qui s'empare de l'acide tungstique. En répétant cette opération sur la partie non attaquée, on peut d'abord isoler la gangue siliceuse. Si le minerai contient du fer ou du manganèse; ces métaux étant en petite proportion, ils se trouvent dans la solution acide; on les en précipite par l'ammoniaque ou les hydrosulfates; la chaux est séparée par l'oxalate d'ammoniaque. L'oxalate de chaux recueilli, calciné, et converti, en sulfate donne la proportion de cette matière.

Quant à l'acide tungstique ammoniacal, on l'obtient de la solution en évaporant celle-ci et chauffant le résidu au rouge dans un creuset ouvert.

Le tungstate de chaux contient

Chaux.	80,9
Oxide.	19,1
	100,0

Les tungstates de potasse et de soude sont solubles ; le premier est incristallisable, l'autre cristallise par refroidissement en lames hexaèdres. Ces tungstates n'ont pas encore d'application dans les Arts industriels. P.

TUNNEL. (*Arts mécaniques.*) Les ingénieurs anglais ont donné ce nom, qui maintenant est devenu français, à un passage souterrain, et principalement à celui qu'on pratique sous le lit d'une rivière pour passer d'une rive à l'autre. Plusieurs de ces voies ont été ouvertes en différens lieux ; mais aucune ne présente autant de grandeur et de difficulté que celle que M. Brunel a commencée près de Londres pour traverser la Tamise. La largeur du fleuve, l'élévation de ses eaux à la haute mer, la nécessité de laisser voguer les navires, etc., rendaient impossible la construction d'un pont. M. Brunel imagina de créer une voie souterraine praticable aux voitures.

Sur les deux rives sont des tours ou puits dans lesquels on descend et monte par des plans inclinés ; ces tours s'ouvrent au niveau du sol et à la profondeur où le tunnel est construit.

Pour creuser cette route et ne pas être exposé aux irruptions des eaux du fleuve, M. Brunel se sert d'un *bouclier*, énorme châssis en fonte divisé en 36 cases ou cellules dans chacune desquelles un ouvrier travaille. Ce châssis retient les terres à mesure qu'on les déblaie en devant, et on le fait avancer peu à peu, selon les progrès de l'excavation. A chaque pas que fait ce bouclier, on soutient les terres par des travaux de maçonnerie voûtée et en briques. On trouve une description détaillée de cette invention ingénieuse dans la Revue Britannique de 1823, et dans des Mémoires de MM. Maurice et Schlick. Les eaux qui filtrent à travers les joints, et que presse une énorme charge, sont épuisées par des machines à vapeur.

Cette opération gigantesque n'est encore qu'à moitié de son exécution, et même on la croit aujourd'hui abandonnée à cause des frais immenses qu'elle nécessite. Plusieurs fois les eaux du fleuve ont crevé la voûte et arrêté les travaux. Il a fallu visiter le fond du lit avec la cloche de plongeur, et réparer les désastres par des dépôts d'argile sur les fissures, et en y fixant des radeaux chargés, pour créer un fond solide artificiel.

Il résulte des rapports qui ont été faits sur l'état actuel de l'entreprise, que les frais s'élèvent maintenant à 3,750,000 fr., dont 825,000 fr. ont été employés en acquisitions de terrains, 175,000 fr. en machines, ustensiles, etc. Ces dépenses restent la propriété de l'entreprise. La moitié du tunnel est achevée, et 700 pieds de maçonnerie sont à l'abri de tout accident. Pour terminer les travaux il faudrait dépenser encore 3,250,000 fr., dont environ 1,875,000 fr. pour établir un simple chemin à l'usage des piétons, et à peu près un million et demi pour le rendre praticable aux voitures ; le tout, y compris les nouveaux achats de terres, objet qu'on évalue à 250,000 fr. Fr.

TURBINE. (*Arts mécaniques.*) On appelle de ce nom les roues hydrauliques horizontales, et dont par conséquent l'arbre de rotation est vertical : telles sont la *roue à rotation*, la *roue à force centrifuge*, représentées Pl. 55 des *Arts mécaniques*, et le *volant hydraulique*, Pl. 54. Mais on donne plus particulièrement le nom de *turbine* à la roue horizontale de la fig. 3, Pl. 55, dont les pallettes sont courbes, ou à celles des fig. 1 et 2, Pl. 62. Le mouvement y est imprimé par la force d'impulsion de l'eau arrivant par un canal incliné ; cette force agit sur les aubes placées obliquement. Ces machines sont peu employées, quoiqu'on en ait retiré des résultats très-avantageux en en certaines circonstances, surtout des *turbines à palettes courbes*. C'est ainsi que sont construites les roues du moulin du *Basacle* à Toulouse, dont on lit la description dans le T. Ier de l'Architecture de Bélidor.

C'est particulièrement pour les moulins à farine que les turbines peuvent être utilement employées. L'arbre de la roue hydraulique traverse la meule gisante et est fixé à l'axe de la meule courante, qui fait ainsi autant de révolutions que la turbine : ce qui évite les engrenages, et par conséquent les dépenses, tout en épargnant les frottemens. Mais puisqu'une meule de 5 pieds de diamètre ne doit jamais, pour une bonne mouture, faire moins de 48 tours par minute, la roue doit aussi avoir cette même vitesse ; et pour obtenir le plus grand effet

possible, la vitesse du cours d'eau doit être double de celle de la circonférence de la roue.

Admettons que pour une meule de 6 pieds la roue doive accomplir, ainsi que la meule, 48 tours par minute; comme la circonférence de la roue a 18,85 pieds, les palettes devront décrire cet espace dans la 48e partie d'une minute, c'est-à-dire environ 15 pieds par seconde; le double, 30 pieds, est donc la vitesse de l'eau, qui répond à une chute de 15 pieds. Dans le cas où l'on n'aurait pas cette chute à sa disposition, il faudrait diminuer le diamètre de la roue, pour procurer cette même vitesse à la meule. En donnant, par exemple, seulement 5 pieds de diamètre à la roue, la circonférence n'est plus que de 15,7 pieds, et les palettes ne devant prendre qu'une vitesse de 12,56 pieds par seconde, dont le double est 25,12 pieds, la chute d'eau est d'à peu près 10 $\frac{1}{2}$ pieds. Le diamètre de la turbine ne pouvant d'ailleurs être moindre de sept fois la largeur du coursier, il y a une certaine hauteur de chute au-dessous de laquelle la turbine ne peut être employée, du moins aux moulins à farine, parce que la meule tournerait trop lentement. La table suivante donne cette hauteur :

			mètres.
Quand la profondeur de l'eau au milieu de la chute est à la largeur du coursier en cet endroit,	: : 3 : 1	la chute relative au-dessous de laquelle on ne peut employer les turbines est	2,229
	: : 2 : 1		2,622
	: : 1 : 1		3,460
	: : 1 : 2		4,565
	: : 3 : 1		5,368

Ainsi la profondeur naturelle de l'eau de la chute étant triple de la largeur du coursier au milieu, la hauteur de chute au-dessous de laquelle on ne peut employer la roue horizontale pour un moulin à farine est de 2 mètres 229 millimètres, etc.

On donne quelquefois aux turbines la forme indiquée figure 3, on les appelle des *roues à poire*. C'est un cône renversé avec des palettes contournées en spirale autour de la surface : la roue tourne dans une maçonnerie de forme conique, et est chassée par l'impulsion de l'eau que lance un conduit oblique. Quand l'eau a dépensé sa force de projection, elle continue à agir par son poids en descendant sur les spirales, jusqu'à ce qu'elle arrive en bas, où un canal la reçoit et lui donne un écoulement.

Dans toutes ces roues l'arbre vertical est porté en bas par une crapaudine fixée sur un pallier et retenue en haut dans un collet; et lorsque cet arbre sert d'axe à un moulin à farine, comme il faut qu'on soit maître d'écarter un peu plus ou moins la meule courante de celle qui est immobile, il faut que le pallier soit une pièce de bois dont une extrémité soit fixée, et l'autre bout susceptible de monter ou descendre d'une petite hauteur.

On trouvera, T. Ier, page 451, de l'Architecture de Bélidor revue par M. Navier, la théorie complète des turbines et les formules qui s'y appliquent. Ce savant remarque que pour que le cours d'eau produise le plus grand effet possible, il importe que le liquide arrive dans une direction tangente à la courbure CD de l'aube (fig. 4), afin qu'il ne la choque pas, et que coulant le long de cette aube, il agisse par son poids et y dépense sa vitesse entière en la quittant en D. La courbure de l'aube est d'ailleurs arbitraire, pourvu qu'elle n'ait pas de jarrets et que la tangente en D soit presque horizontale, sans gêner le dégagement de l'eau.

Borda, qui a analysé les effets des turbines hydrauliques (Mémoires de l'Académie des Sciences. 1767), les croit capables de transmettre les trois quarts de l'action du cours d'eau représentée par sa masse et sa chute. M. Navier pense qu'en donnant aux aubes assez de largeur pour que l'eau ait le temps de perdre en glissant le long de l'aube, toute sa vitesse verticale, on peut espérer profiter des quatre cinquièmes de l'action motrice; résultat qui serait certainement très-avantageux, et ferait de l'application de ces roues un sujet de grand intérêt; mais M. Navier exige que la veine d'eau et les aubes aient peu de largeur, pour que la vitesse du point de l'aube qui reçoit le *maximum* d'impression soit celle qui convient à la meilleure disposition; et quand la masse d'eau est trop volumineuse pour qu'on puisse l'assujettir à cette condition, il pense qu'on doit diviser l'eau en plusieurs canaux dont chacun presse une aube différente. Fr.

TUTHIE, ancien nom, aujourd'hui peu usité. *V.* Zinc (*oxide de*). P.

TUYAUX. (*Arts mécaniques.*) On n'emploie guère dans les Arts que des tuyaux

ploie guère dans les Arts que des tuyaux de bois, de poterie, de fonte de fer, et de plomb; on se sert aussi de bois courbé, de tôle de fer, de pierre naturelle ou artificielle, de cuir et de fil de chanvre sans couture.

Les *tuyaux en bois* sont faits en chêne, en orme ou en aune. On prend des troncs d'arbres, les plus longs, les plus droits qu'on peut trouver, exempts de nœuds et de défauts, autant que possible; on enlève l'écorce et l'Aubier, et on les perce selon leur longueur d'un canal proportionné au volume d'eau qui doit y passer : il faut que l'épaisseur du bois reste au moins de 3 à 4 centimètres. Ces trous sont percés comme ceux des moyeux, en commençant d'abord par un petit diamètre qu'on augmente ensuite peu à peu : on se sert de tarières de calibres croissans. On estime qu'un ouvrier peut percer en un jour 12 mètres de bois d'orme ou d'aune, le canal ayant 1 décimètre de diamètre : il produit un travail moitié moindre dans le chêne. Lorsqu'un tuyau de bois doit être régulièrement cylindrique au-dedans, on le passe à l'Alésoir; cette machine a l'avantage d'expédier beaucoup le travail et de le mieux exécuter.

L'un des bouts, appelé *mâle*, est affilé; il est élargi au contraire à l'autre bout, qui est *femelle*; on fait entrer le bout mâle d'un tuyau dans le bout femelle du suivant. (*V.* fig. 11, Pl. 61 des *Arts mécaniques*.) On fortifie ce dernier par une frette en fer, et, pour que l'eau ne se perde pas à la jointure, on enduit de Mastic à froid (1). On bouche tous les joints, les fentes des nœuds et toutes les fissures avec de la filasse, et l'on enduit le dehors avec ce mastic. Lorsque les fentes sont longues, on est quelquefois obligé de les recouvrir en outre d'une lame de plomb mince, et clouée sur le bois.

En général on doit éviter d'employer les bois noueux, parce que c'est toujours par les nœuds que se font les fuites et que les tuyaux périssent; l'air qui s'y insinue empêche le jeu des pompes. Beaucoup de tuyaux de pompe d'aspiration sont fabriqués en bois, par des motifs d'économie. Le prix de ces tuyaux est par mètre courant,

Diamètre.	Prix.	Diamètre.	Prix.
10 centimèt.	9 fr.	16,5 centimèt.	12 fr.
14.	10,50	20.	13

(1) Le mastic à froid est une composition de suif battu dans un mortier avec de la farine de briques, ayant la consistance de la cire.

Un tuyau de 27 centimètres coûterait 24 fr.

On assemble aussi les tuyaux de bois par emboîtures cylindriques à mi-bois.

Les *tuyaux en poterie* dite de grès ont de 5 jusqu'à 16 centimètres de calibre; l'épaisseur est de 13 à 15 millimètres. Ils sont capables de porter une charge d'eau de 8 mètres de hauteur sans se briser. Le calibre est un peu plus ouvert à un bout pour y introduire le bout mâle du tuyau suivant, qui est diminué, et muni d'une gorge en saillie. Ces tuyaux ont de 6 à 9 décimètres de long; les meilleurs se fabriquent près de Beauvais. Ceux qui sont à l'usage ordinaire ont 1 décimètre de diamètre sur 8 de longueur.

Pour assembler ces tuyaux, on garnit les joints avec de la filasse enduite de Mastic bouillant (2). On chauffe le tuyau assez fortement : l'ouvrier doit avoir les mains endurcies à ce genre de travail; il recouvre ensuite le nœud entier avec les mêmes substances. On consomme à peu près 1 hectogramme de filasse pour 8 mètres de conduite, et 1 demi-kilogramme de mastic pour chaque nœud de 1 décimètre d'épaisseur. On s'assure si ces nœuds sont bien faits quand ils sont refroidis, en détachant le mastic, à petits coups de marteau, pour voir s'il adhère bien au grès.

Quand les tuyaux de grès ont environ un décimètre et demi de diamètre, il est trop difficile de les bien chauffer pour que le ciment prenne et que les nœuds soient résistans : c'est ce qui arrive aux tuyaux qui servent de cheminée pour le dégagement de la fumée, et pour les fosses d'aisances. On se sert d'un ciment de chaux, et de farine de brique, dont on enduit le dedans de la boîte du tuyau et le dessus du col qui doit y être reçu. On pousse l'un contre l'autre en tournant, jusqu'à ce que la gorge touche le bout, et que le ciment excédant soit refoulé

(2) Le mastic de fontainier se fait avec du ciment tamisé, du sable fin ou du mache-fer privé de charbon. On mêle cette poudre avec parties égales de poix-résine et de poix-grasse fondues. Lorsque la poix commence à bouillir on remue vivement, en répandant peu à peu la résine, jusqu'à ce que ce mélange commence à filer comme si c'était de la térébenthine. On verse le tout dans un baquet pour le laisser refroidir. Ce mastic, cassé par morceaux, est mis sur un feu doux quand on veut l'employer. Si l'on trouvait la substance trop maigre pour le travail proposé, on y mêlerait un peu de suif ou d'huile de lin ou de noix.

au dehors. Ce ciment regorgé sert à former le nœud.

On a trouvé que pour une conduite de gaz, des tuyaux de grès de 1 décimètre de diamètre, posés au fond d'une tranchée sur un rang de moellons et garnis d'une chemise en mortier hydraulique de 15 centimètres d'épaisseur, coûtent 4 fr. 42 cent. le mètre courant. Lorsque les tuyaux sont soumis à une pression de plus d'une demi-atmosphère, il est nécessaire d'envelopper le tuyau d'une chemise en maçonnerie qui n'est que l'enduit extérieur de la conduite. Cette chemise fait résistance à la pression quelle qu'elle soit; elle sert aussi dans les conduites souterraines à protéger les tuyaux contre les mouvemens du terrain sous les roues des voitures.

Les *tuyaux de fonte de fer* sont de diverses dimensions; les plus ordinaires ont un mètre de long. Ils sont accompagnés d'un rebord dont le plan circulaire est perpendiculaire à l'axe du tuyau, ou bien d'un nombre de *brides* proportionné à leur diamètre. Avant de joindre deux tuyaux bout à bout, on détache des brides ou du rebord les bavures et grains, et l'on rabat toutes les irrégularités qui empêcheraient les surfaces de se toucher immédiatement. C'est pourquoi on rejette souvent les brides un peu en dehors, et il s'en faut de 4 à 5 millimètres qu'elles ne se touchent. Afin de suppléer aux inégalités qui s'opposeraient à leur jonction, on étend sur les brides une couche de mortier à froid qu'on accompagne d'une rondelle en cuir ou en plomb; ensuite on serre le tout à l'aide de vis et d'écrous faits en bon fer. Le plomb a l'avantage de se *matter* en dehors pour boucher toutes les fissures, ce qui rend le joint imperméable.

Nous extrayons de l'Architecture hydraulique de Bélidor, T. II, page 351, quelques nombres sur les poids et les prix de la toise courante de tuyaux en fonte; mais ces prix sont très-variables selon les temps et les lieux.

4 pouces de diam. pèsent 160 liv. la toise; à 125 fr. le mille, les tuyaux reviennent à 20 fr. la toise.

4 ½ pouces pèsent 180 livres et coûtent 22,50 fr.

5 pouces pèsent 230 livres et coûtent 28,75 fr.

5 ½ pouces pèsent 250 livres et coûtent 31,25 fr.

6 pouces pèsent 270 livres et coûtent 33,75 fr.

8 pouces à 4 vis pèsent 320 livres et coûtent 40,00 fr.

10 pouces à 6 vis pèsent 430 livres et coûtent 53,75 fr.

12 pouces à 6 vis pèsent 700 livres et coûtent 87,50 fr.

18 pouces à 8 vis pèsent 1100 livres et coûtent 137,50 fr.

On donne aux tuyaux de 4 pouces de diamètre, 4 lignes d'épaisseur, 5 lignes à ceux dont le diamètre est de 6 pouces, 6 lignes pour ceux de 8 pouces, et ainsi en accroissant d'une ligne de plus d'épaisseur pour chaque augmentation de diamètre de 2 pouces.

On remplace assez généralement maintenant les brides par un emboitement conique d'un bout dans l'autre, sur une profondeur d'environ 16 centimètres. On enfonce le tuyau mâle jusqu'au fond de l'emboîture, et l'on remplit le joint avec de la corde goudronnée et mattée; puis avec du plomb, qu'on matte aussi au dehors, on rend le joint imperméable. Cet assemblage se prête aux effets de la dilatation, qui, dans une conduite un peu longue, peuvent avoir des inconvéniens graves, en disjoignant les tuyaux.

M. Moulfarine remplace les boulons des tuyaux à bride par une bague. (*V.* fig. 12.) Cette bague est formée de deux parties demi circulaires, ayant des brides à leur jonction et une charnière à l'opposé; elle est creusée en dedans pour recevoir les bords ou brides des deux tuyaux, et on la serre avec des boulons.

Dans les conduites dont les tuyaux en fonte sont réunis par des brides, la dilatation n'a aucun effet nuisible lorsqu'on place, de 100 en 100 mètres, le compensateur de M. Girard (fig. 13). L'intervalle qui doit contenir la filasse n'est pas assez grand pour rendre le joint parfaitement étanche, et le tuyau qui doit glisser, pour obéir aux variations de la température, étant en fonte, peut éprouver quelque résistance par la rouille ou les aspérités.

Les *tuyaux en tôle de fer* servent à l'écoulement de la fumée et de l'air brûlé des poêles, aux conduites de gaz, aux puits artésiens, etc. On les fait avec des plaques ou lames parallélogrammes jointes et clouées par leurs bords. Leurs diamètres sont à volonté, et l'épaisseur de la tôle plus ou moins forte selon les usages. La tôle de 2 millimè-

tres d'épaisseur supporte 60 atmosphères à l'épreuve, et 30 pour le service journalier. Le mètre courant pèse 11 kilogrammes pour 21 centimètres de diamètre, et coûte 2 francs le kilogramme. On les essaie à l'eau sous la pression d'une atmosphère, quand il s'agit d'une conduite de gaz.

Ces tuyaux sont assemblés bout à bout, à recouvrement; les clous sont rivés et très-rapprochés. Pour qu'ils soient imperméables on place une bande de carton frite dans l'huile sous le recouvrement.

Les *tuyaux de plomb*. Pour supporter la pression de 2 à 3 atmosphères et son propre poids, un tuyau de 33 centim. de diamètre exigerait 2 centim. d'épaisseur. Le mètre courant pèserait environ 530 kilog., qui, à 80 centimes le kilog., tout compris, reviendrait à 424 francs le mètre courant. Les bords de la lame de plomb sont soudés ainsi que les joints.

Les tuyaux ordinaires en plomb ne sont guère que d'un pouce et demi de diamètre. On les fait sans soudure en les tirant au banc. (*V.* Banc a tirer.) Un tuyau de plomb de cette dimension, la paroi étant d'un cinquième de pouce, a soutenu 30 atmosphères sans crever, ce qui donne 210 kilogrammes par pouce carré de surface.

Comme les tuyaux en plomb sont coûteux, on les remplace souvent par ceux de zinc quand la pression ne doit pas être très-forte. Du reste, on ne les emploie guère que pour les tuyaux d'aspiration des pompes, les embranchemens, etc.

La Société d'Encouragement a proposé plusieurs prix tant pour la découverte d'un ciment ou mastic propre à prévenir l'oxidation du métal, la destruction des tuyaux en bois, la décomposition par les agens extérieurs, etc., que pour la fabrication même des tuyaux : ces prix ne sont pas encore remportés. (*V.* les Bulletins de cette Société.)

Quant aux *tuyaux de pierre*, soit naturelle, soit artificielle, c'est à M. Molard qu'on en doit l'idée. Pour les premiers, on fore la pierre de bas en haut au moyen de l'aiguille du mineur, pour que le *mâchon* puisse tomber. On a trouvé que le mètre courant peut coûter 10 francs, plus la pose. La jonction de deux tuyaux se fait dans l'intérieur d'une borne bien scellée. La pierre de Volvic est excellente pour cet objet. Du reste, ces tuyaux sont peu employés. Il en faut dire autant des tuyaux en pierre artificielle de M. Fleuret, qu'on établit sur place en se servant d'un mandrin cylindrique en bois qu'on retire après la construction de chaque partie.

En coulant dans les tuyaux, l'eau éprouve un frottement qui en retarde le mouvement : l'air qui s'y trouve mêlé, les coudes, les étranglemens et embranchemens sont encore des causes de diminution de vitesse. Ainsi cette vitesse est variable dans les divers points d'une conduite; mais on peut sensiblement la regarder comme constante dans la pratique, quand les inflexions sont peu sensibles, que la charge d'eau du réservoir conserve son niveau, et que la pression sur l'orifice de sortie est constante (car les deux orifices sont souvent plongés dans l'eau.)

En admettant que le mouvement de l'eau est uniforme, on s'est beaucoup occupé de la détermination de la vitesse, d'après les conditions données sous lesquelles la conduite existe, parce que la dépense d'eau en est la conséquence. On trouvera dans le mémoire de M. de Prony sur les Eaux courantes, dans l'ouvrage de M. Genyès sur la Distribution des Eaux, page 41, les formules qui déterminent la relation entre la vitesse de l'eau et les conditions extérieures. N'ayant pas le dessein d'exposer cette théorie, nous nous bornerons à donner la formule suivante qui suffit à la pratique, dans le cas des petites vitesses,

$$v = 26{,}79\sqrt{(\mathrm{D}\,m)}.$$

v est la vitesse constante de l'eau dans la conduite et à sa sortie, ou l'espace décrit par chaque molécule fluide en une seconde; D est le diamètre du tuyau de la conduite, L sa longueur, z la différence de niveau entre les orifices d'entrée et de sortie, H et H′ les charges qui pressent les orifices aux deux bouts, enfin

$$m = \frac{z - \mathrm{H}' + \mathrm{H}}{\mathrm{L}}.$$

Toutes les mesures sont rapportées au mètre pour unité, et les charges H et H′ résultent de la hauteur donnée par la formule au mot Chute, formule qui a été convertie en table au mot Écoulement.

Cette valeur de m se réduit à $\frac{z}{\mathrm{L}}$, quand les pressions aux deux orifices sont égales; ce qui arrive très-souvent.

Quant à la *dépense*, ou au volume d'eau

écoulé en une seconde, exprimée en mètres cubes, elle est donnée par la formule

$$Q = 21,043 \sqrt{(D^5 m)}.$$

D'après ces équations, on voit qu'on peut trouver non-seulement la dépense d'une conduite dont les conditions sont connues, mais encore quelles doivent être les dimensions d'une conduite, la vitesse de l'eau, la différence des niveaux, ou les charges d'eau qui pressent les orifices d'entrée et de sortie, quand d'ailleurs une partie de ces quantités est donnée, parce que ces équations permettent d'en tirer les valeurs inconnues. (*V.* Algèbre.)

On consultera l'article Conduite pour ce qui est relatif à la manière de l'ordonner, aux soupapes pour l'évacuation de l'air, aux précautions de durée, etc. Fr.

TUYÈRE. (*Arts mécaniques.*) C'est un tuyau de cuivre, ou de fer fondu, ou de tôle, dans lequel on ajuste le bec des soufflets qui alimentent le feu des fourneaux où l'on traite les mines et les métaux. La *tuyère* se place à la partie postérieure du fourneau, dans un trou carré pratiqué pour la recevoir; elle est un peu inclinée de haut en bas, pour diriger le vent sur la mine en fusion. Lorsqu'on se sert de deux soufflets à la fois, la tuyère est double. Fr.

TYMPAN. (*Arts mécaniques.*) C'est un gros cylindre creux formé par une suite de planches attachées sur des circonférences égales et parallèles, et soutenues par des rayons à un arbre tournant. Une corde s'enroule autour de ce cylindre. Cette machine, qu'on nomme aussi Tambour (*V.* ce mot), sert aux mêmes usages que les poulies et les treuils.

On donne plus particulièrement le nom de *tympan* à une machine hydraulique représentée fig. 9, Pl. 61 des *Arts mécaniques.* « La roue à tympan, dit Bélidor, est une grande roue creuse G, formant une espèce de tambour composé de planches jointes ensemble, calfatées, goudronnées, et traversé par un essieu B. L'intérieur de ce tambour est divisé en huit espaces égaux, par autant de cloisons placées sur la direction des rayons. Chaque espace ou cellule a une ouverture A pratiquée dans la circonférence du tambour, pour faciliter l'entrée de l'eau. De plus, on creuse le long de l'essieu B hui canaux dont chacun répond à une cellule, afin que l'eau contenue dans cette cellule puisse s'écouler à l'extrémité de l'essieu D dans une bâche F, d'où elle s'écoule par un conduit, pour se rendre au lieu où il convient. » (Archit. hydr., T. I, p. 384.)

Cette roue peut être mue par un homme qui tourne une manivelle ou qui monte dans un tambour C. Elle n'élève l'eau qu'à la hauteur du rayon du tympan. Son plus grand inconvénient est d'avoir la résistance appliquée à l'extrémité de ce rayon, puis à des distances successivement décroissantes du centre; en sorte que le levier variant, l'effet n'a pas d'uniformité. C'est cette machine qui a été perfectionnée par Delafaye, ainsi qu'on va le dire.

Quatre canaux courbes CEFG (fig. 10) ont leurs bouches à la circonférence du tympan et aboutissant aux tuyaux pratiqués sur l'essieu B. L'eau qui est prise par l'orifice extérieur vient se rendre dans ces tuyaux comme ci-dessus. On a coutume lorsqu'on emploie cette ingénieuse machine, de la faire mouvoir par un cours d'eau, en garnissant la circonférence du tympan d'une suite de palettes A. Chaque canal, en présentant son ouverture C à l'eau, vient y puiser, et à mesure que la roue tourne, l'eau parcourt le canal, et enfin arrive au tuyau qui, sur l'essieu B, correspond à son autre ouverture.

La forme des canaux courbes n'est point arbitraire : elle suit la développante de la circonférence extérieure de l'essieu, et en voici la raison. Quelle que soit la position de cette roue, dans chaque canal le centre de gravité de l'eau est situé sur la verticale menée par le point de la courbure de ce canal, pour lequel la tangente est horizontale. Or, cette verticale est tangente à la circonférence extérieure de l'essieu, parce que toutes les normales à une développante de cercle sont tangentes au cercle développé : c'est une propriété qu'on démontre par la Géométrie. On voit donc que le moment du poids de l'eau de chaque canal, quelle qu'en soit la position, est une quantité constante, savoir le produit du poids de cette eau par le rayon de l'essieu. Une force constante trouve donc toujours la même résistance à vaincre et produit un mouvement uniforme; ce qui n'avait pas lieu pour le cas de la fig. 9, qui présente le même désavantage au moteur que les Manivelles. Fr.

TYPOGRAPHIE. (*Technologie.*) La *typographie* ou l'*art typographique*, comprend toutes les parties qui sont relatives à

l'impression des livres. C'est elle qui constitue l'art de l'*imprimeur*. La typographie a surtout pour objet la gravure ou la taille des poinçons, la fonte des caractères, leur assemblage pour en former les planches avec lesquelles on imprime. L'art typographique consiste à composer avec des caractères mobiles toutes sortes de discours manuscrits, et à les multiplier à l'infini par l'impression.

Dans le cours de ce Dictionnaire, nous avons traité séparément et selon leur ordre alphabétique les opérations, les divers instrumens les plus importans de cet art; il ne nous restera, pour compléter l'art typographique, qu'à donner succinctement quelques notions sur son origine et ses progrès.

Un voile épais couvre malheureusement le berceau d'un art aussi utile que celui dont nous voudrions tracer l'histoire fidèle. Trois villes, Harlem, Strasbourg et Mayence, se disputent à l'envi l'honneur d'avoir donné le jour à l'art typographique. Parcourons à ce sujet les pages de l'histoire.

« Harlem fonde ses prétentions sur les faits suivans : Jean Laurent Coster, se promenant un jour dans un bois près de Harlem, détacha des écorces de hêtre; il s'amusa à en former des lettres; il les imprimait séparément l'une après l'autre sur du papier, et en faisait des lignes en sens inverse, pour servir d'exemple et de leçon à ses neveux. Il fit, avec son gendre Thomas-Pierre, une encre plus tenace et plus glutineuse que l'encre ordinaire; puis il tira des épreuves des caractères qu'il avait réunis; et comme il n'imprimait que sur un côté du papier, il collait deux feuilles ensemble pour faire disparaître le blanc qui se trouvait entre les pages imprimées. Ensuite Laurent changea ses types de hêtre en types de plomb, puis en types d'étain. Il fit de sa découverte une branche de commerce fort lucrative, et prit un domestique, qu'il s'associa. Ce domestique nommé Jens, et qu'on suppose être Fust, étant au fait de l'imprimerie, déroba, pendant la nuit de Noel, les types et tous les ustensiles de son maître; il prit la fuite, en dirigeant sa marche par Amsterdam et Cologne, et se réfugia à Mayence, où il retira des fruits abondans de son vol. C'est là que, vers l'an 1442, il a imprimé avec les caractères de Jean-Laurent Coster, son maître, une grammaire fort en usage, appelée *Doctrinale Alexandri Galli*.

» Tels sont les titres de Harlem. Ce qui fait douter de leur authenticité, c'est qu'ils n'ont été publiés qu'un siècle après la découverte de l'imprimerie. En général on regarde l'histoire de ce Coster comme une fable.

» Strasbourg parait avoir des droits plus fondés à l'honneur de la découverte. Jean Guttemberg, que l'on croit né à Mayence vers l'an 1400, vint à Strasbourg dès 1424, et peut-être même avant. En 1435 il forma une société avec André Drizchennius ou Drichn, Jean Riff et André Heilman, bourgeois de Strasbourg, et s'engagea à leur découvrir des secrets importans qui devaient assurer leur fortune.

» André Drizchennius, chez qui était le laboratoire, mourut. Guttemberg envoya dire au frère de cet André de ne laisser entrer personne dans le laboratoire, de peur qu'on ne vint à découvrir le secret et à enlever les pages et les formes qui s'y trouvaient; mais elles avaient déjà disparu. Cette fraude devint la matière d'un procès dont le résultat fut la rupture de la société. Guttemberg s'en retourna à Mayence en 1445, et s'y occupa de nouveau d'impression. C'est là qu'il s'associa à Jean Fust. Parmi les premiers ouvrages imprimés par eux, on cite : 1° l'*Alphabet gravé sur une planche*, à l'usage des écoles ; 2° *Alexandri Galli doctrinale*, et *Petri Hispani logicales;* 3° un vocabulaire latin intitulé : *Catholicon*, c'est-à-dire universel, ou bien *Donatus seu grammatica brevis in usum scholarum conscripta*.

» Plusieurs bibliographes assurent que ces ouvrages ont été imprimés en caractères fixes, gravés sur des tables de bois. On fit succéder à cette impression des essais de caractères détachés, et gravés sur des tiges mobiles de bois ou de cuivre; c'est avec ces caractères que la plupart des bibliographes pensent qu'a été imprimée la première Bible en 1450, jusqu'en 1455. Cette opinion est combattue par d'autres bibliographes qui ne croient point à l'existence de cette Bible. Il devait être long, très-difficile et très-pénible de sculpter à la main ces lettres sur du bois ou du métal ; aussi, après bien des tentatives, Guttemberg et Fust trouvèrent la méthode de fondre dans des matrices les formes de toutes les lettres de l'alphabet latin. Ils virent alors la possibilité d'imprimer la Bible, et Fust fournit les premiers fonds nécessaires à cette entreprise, le 22 août 1450. On peut dater de cette époque l'acte de société de Fust et de Guttemberg,

et la véritable invention de l'imprimerie.

» A peine ces deux associés étaient-ils arrivés à la troisième partie de la Bible, qu'ils avaient déjà dépensé un capital de quatre mille florins d'or. Mille obstacles, outre l'excessive dépense, entravaient la marche de leurs opérations. L'imperfection des moules, du métal, de l'encre, du papier, de la presse; l'inégalité et la disproportion des lettres fondues, tout concourait à les retarder et à les arrêter dans leur entreprise, quand Pierre Schœffer, l'un des ouvriers de Fust, homme ingénieux et réfléchi, imagina une méthode plus facile de composer des caractères et de leur donner une mesure et une forme plus régulière et mieux proportionnée : il trouva la taille des poinçons; il fit de nouvelles matrices abécédaires, et d'autres instrumens qui élevèrent l'art typographique au plus haut degré de perfection.

» En 1452, Fust, par reconnaissance et par attachement, donna à Schœffer sa fille Christine en mariage, et il l'associa à son entreprise. Guttemberg, Fust et Schœffer s'engagèrent à garder le secret de leur invention, et ouvrirent leur carrière *typographique* par l'impression de la Bible, la même année 1452.

» En 1455 la société fut dissoute par suite d'un procès que Guttemberg perdit, avec Fust, à qui il fut obligé de céder son attirail d'imprimerie; mais il y a apparence qu'il monta une autre imprimerie à part, et que Fust et Schœffer restèrent toujours unis. Ces derniers donnèrent, en 1457, une édition du Psautier, qui passe pour le plus beau monument de l'imprimerie naissante, et qui fera, dans tous les siècles, l'admiration de tous les connaisseurs.

» Depuis 1457 jusqu'en 1460 Fust et Schœffer imprimèrent plusieurs ouvrages, et notamment les Offices de Cicéron, qui passent pour un de leurs *chefs-d'œuvre*. C'est à cette époque que Fust vint à Paris, sans doute pour y vendre les livres qu'il avait imprimés. Gabriel Naudé raconte que Fust apporta à Paris un grand nombre d'exemplaires de la Bible de 1452; qu'il les vendit d'abord, comme manuscrits, 60 couronnes l'exemplaire (environ 550 livres); qu'ensuite il les passa à 40 couronnes, puis à 20; qu'enfin, la fraude ayant été découverte, Fust fut poursuivi en justice; qu'il s'enfuit de Paris; qu'il revint à Mayence, et que, ne s'y trouvant pas en sûreté, il se retira à Strasbourg pendant quelque temps.

» La prise de la ville de Mayence en octobre 1462, par Adolphe, comte de Nassau, endommagea l'atelier et l'imprimerie de Fust et de Schœffer; la plupart de leurs ouvriers et de leurs coopérateurs se dispersèrent et se réfugièrent à Rome, à Naples, à Milan, à Paris, et bientôt l'art typographique s'établit dans les principales villes de l'Europe. »

Quant à la description des procédés de l'imprimerie, *V.* dans les volumes précédens, les mots ALPHABET, CARACTÈRES D'IMPRIMERIE, COMPOSITEUR, COMPOSTEUR, CORRECTEUR, JUSTIFICATION, JUSTIFIER, JUSTIFIEUR, POLYTIPAGE, PROTE, QUADRAT, RETIRATION, STÉRÉOTYPAGE, et une infinité d'autres mots relatifs à l'art typographique, répandus dans tous les volumes.

Le lecteur désireux de connaître l'art de l'imprimeur dans de plus grands détails consultera avec fruit : 1° le T. III de l'Encyclopédie méthodique, division des *Arts et Métiers mécaniques*, au mot *Imprimerie*, page 475; 2° le Manuel de l'Imprimeur, par M. de Géronval, in-18, chez Roret; 3° le Manuel-Pratique et abrégé de la Typographie française, par M. Brun, chez Firmin Didot. Ce dernier ouvrage est absolument le Manuel des ouvriers. L.

TYPOGRAPHIE. (*Arts mécaniques.*) En donnant les développemens relatifs aux diverses PRESSES les plus usitées, nous n'avons pas parlé de celle qu'on emploie pour l'imprimerie, nous réservant d'en traiter à l'article *typographie*, afin d'éviter les doubles emplois qui auraient été indispensables pour faire comprendre le mécanisme de ces presses aux personnes qui ne sont pas familières avec les procédés de cet art.

La nécessité de supprimer des machines sans utilité indispensable, nous force à n'exposer ici que ce qui concerne les *presses à la Stanhope* et les *presses mécaniques;* celles dont on se servait autrefois dans toutes les imprimeries, étant à peu près abandonnées aujourd'hui, ne méritent pas de nous arrêter; d'autant plus que les personnes qui désireraient des détails sur celles-ci les trouveront dans une foule d'ouvrages, et les comprendront facilement d'après ce qui va être expliqué.

Les *presses d'imprimerie à la Stanhope* sont très-solidement construites en fonte de fer; nous en avons représenté deux projections verticales, fig. 6 et 7, Pl. 62 des *Arts*

mécaniques. La table HG, en fonte de fer, est solidement établie dans une position horizontale, et susceptible d'être mue en avant et en arrière à l'aide d'une manivelle *k* et de cordons passés sur des poulies de renvoi. Nous n'avons pas montré tous ces détails dans la figure pour ne pas la rendre confuse, pendant qu'on peut y suppléer aisément. C'est sur cette table ou *marbre* HG qu'est solidement fixée la *forme d'imprimerie* RI, assemblage de caractères qui composent les pages, et qu'on a serrés avec des coins de bois dans un châssis en fer. Ces caractères sont, avant chaque pression, enduits d'une encre noire qu'on y dépose avec des *balles d'imprimerie* ou des *rouleaux*. On recule le marbre en tournant la manivelle par le secours des courroies; cette table de fonte vient en arrière, comme on le voit fig. 7, afin qu'étant découverte, on puisse *encrer* la forme.

Cela fait, on rabat la *frisquette*, feuille de papier blanc découpée à jour pour laisser à nu les caractères de la forme et découvrir seulement les bords, afin d'empêcher le noir dont ces bords sont souvent chargés de se déposer sur le papier. H*a* est un cadre brisé à charnière en *a;* la frisquette, et la feuille de papier blanc qu'on veut imprimer, sont situées sur le cadre H*a* et rabattues sur le plan *ab*, lequel est matelassé d'un *blanchet* (tissu de laine) et de plusieurs feuilles de papier ou *maculatures;* on rabat ensuite le plan *ab* sur la forme RI, autour de la charnière *b*, et c'est sur ce plan que la pression va être exercée.

On pousse en avant le marbre HG par un tour de la manivelle *k*, pour amener ce système sous la platine DD, qu'il s'agit de faire descendre juste au-dessus de RI, en y exerçant une compression d'autant plus énergique que la surface de la forme a plus d'étendue. (*V.* Pression.) Cette action est exercée par un système de leviers K, *l*, *i*, *h*.

Quand l'ouvrier tire et amène à lui le *barreau* K, la tige *l* tourne et fait marcher le levier *h* qui tire à son tour la tête *g* de la vis; cette vis tourne donc dans son écrou immobile, ce qui fait descendre la platine D pour presser sur la forme RI. L'ouvrier donne alors un coup de force au manche K du levier, pour exercer la compression. Deux hommes sont nécessaires pour le service d'une presse : l'un manœuvre le levier K, fait aller et venir le marbre, et rabat les cadres H et P sur la forme; l'autre distribue l'encre. Le premier éprouvant plus de fatigue, fait de temps à autre échange de fonctions avec son aide. Le tirage ne dépasse guère 2000 par jour.

Lorsque la feuille est imprimée d'un côté, on ramène le marbre en arrière pour le retirer de dessous les maculatures, encrer de nouveau, remettre une autre feuille, pousser le chariot en avant et presser; et ainsi de suite. Après que toutes les feuilles sont imprimées sur le recto et empilées, on change de forme, on renverse la pile de feuilles et l'on procède à la *retiration*, c'est-à-dire qu'on imprime le verso.

On a récemment introduit en Angleterre d'autres presses d'imprimerie qui exercent leur action par un excentrique. Celle de M. Amédée Durand, décrite aux Bulletins de la Société d'Encouragement (T. XXI, année 1822, et T. XXIII, 1824), est construit sur ce principe. La presse colombienne de M. Clymer et celle de M. Ruthven agissent par un levier coudé et articulé. Celle de M. Wells d'Hartford, fondée sur le même mode de construction, paraît donner les meilleurs résultats; on la trouvera décrite dans la mécanique de MM. Fergusson et Brewster. On nous excusera de ne pas donner plus de détails à ce sujet, dont l'étendue est telle qu'elle dépasserait de beaucoup celle dont il nous est permis de disposer, notre Dictionnaire étant déjà beaucoup plus volumineux que nous ne l'espérions.

Un des grands perfectionnemens qu'a reçus l'imprimerie depuis plusieurs années, consiste dans les *presses mécaniques*, appareils conçus avec un art si admirable, que chaque feuille de papier mise sur une tablette par une femme est emportée; et passant d'abord sur la première forme, y reçoit l'empreinte recto, puis se retourne d'elle-même, va poser sur la forme du verso, y est imprimée, et vient enfin s'empiler. Tout le travail, même l'encrage, est fait par la machine, qui est mue par une manivelle tournée par deux ouvriers, ou par une machine à vapeur. Il en résulte que maintenant l'impression se fait avec une grande économie et une promptitude sans lesquelles il serait impossible d'effectuer le service des journaux quotidiens, à 10, 15, 20000 exemplaires et plus chaque jour. Avant cette découverte on était obligé de composer les formes multiples, tandis que deux formes suffisent aujourd'hui, et que le tirage est 6 à 8 fois plus rapide.

Il est vrai que ces machines n'ont pas encore réussi à produire des impressions très-soignées; que le *registre* de la *retiration* ne se fait pas très-bien, et que par conséquent on ne peut pas s'en servir pour les belles éditions ni pour les compositions de mathématiques, où il y a beaucoup de signes et de *parangonnages* délicats; mais pour la plupart des livres, surtout pour les publications qui se font à grand nombre et exigent de la célérité, les presses mécaniques sont d'une extrême utilité. M. Selligue, M. Amédée Durand et autres artistes ont inventé de ces presses. (*V.* les Bulletins cités de la Société d'Encouragement.) Celles qui sont actuellement en usage dans presque toutes les grandes imprimeries sont dues à M. Cowper. M. Thonnelier les fabrique à Paris, avec plus de soin même que les Anglais, et a perfectionné plusieurs détails. Nous donnerons ici la description de cet appareil tel qu'on le trouve dans les Bulletins de la Société d'Encouragement, T. XXXI, 1832, p. 118.

La fig. 1, Pl. 63 des *Arts mécaniques*, représente une partie de cette machine. La feuille de papier est posée sur la tablette S, qui a un mouvement de va-et-vient horizontal. Cette feuille passe sur un rouleau O, puis s'applique sur un cylindre de fonte E qui, en tournant, présente cette feuille sur la forme C qui est au-dessous, et qui, par la compression que le cylindre exerce, lui donne l'empreinte recto. De là, cette feuille suivant la route indiquée par les flèches, passe sur les deux rouleaux M, M′, ce qui en opère le retournement; passant ensuite sur le second cylindre de fonte E, la face verso non imprimée tournée en dehors, cette face vient s'imprimer sur la seconde forme. Enfin la feuille continue sa route et vient se déposer en pile sur la tablette Z, où un ouvrier la reçoit, et l'inspecte pour s'assurer s'il n'y a pas de dérangemens, afin d'y porter remède. Ces mouvemens de la feuille de papier se font entre trois séries de rubans accouplés qui la maintiennent en la transportant, ainsi que nous allons l'expliquer.

La fig. 5, Pl. 62, montre, l'un des systèmes de rubans sans fin accouplés parallèlement, de manière à serrer et maintenir la feuille dans ses évolutions : il y trois systèmes de ces doubles rubans; les uns sur les deux bords de la feuille, l'autre au milieu. Partant du rouleau 1, la feuille passe entre deux cordons qui enveloppent une partie du cylindre 2, puis vont sur le premier cylindre de fonte 3 où se fait l'impression recto. De là la feuille passe sur les cylindres 4 et 5, va sur le second cylindre de fonte 6, après retournement pour l'impression du verso. Dans ce trajet la feuille se trouve maintenue entre trois systèmes de chacun deux rubans appliqués l'un sur l'autre. Mais dans le reste de leur cours ces cordons restent séparés : l'un, représenté par des tirets, suit la route 19, 12, 13, 14, 15 et 16, pour revenir au point de départ; l'autre, en ligne pleine, passe sur les rouleaux 7, 8, 9, 10, 11, et rejoint 1.

Les cylindres de fonte E, E (fig. 1, Pl. 63), sont matelassés par des maculatures et un *blanchet*, pour que la pression ne soit pas sèche. Et comme cette pression ne s'exerce à la fois que sur un des élémens longitudinaux du cylindre, élément linéaire dont la surface est fort petite, l'effort est modéré ; ce qui ménage beaucoup les caractères et la puissance motrice.

Les appareils *i*KL, aux deux bouts de la grande table horizontale CBC, son destinés à l'encrage des formes : voici comment il s'opère. Cette table a un mouvement de va-et-vient horizontal qui tour à tour fait sortir les formes C de dessous les gros cylindres de pression et les y ramène. Ce mouvement est imprimé par une roue N″ et son pignon M″ qui engrène avec une double crémaillère. Une mécanique de ce genre est représentée fig. 9, Pl. 15, et fig. 2, Pl. 63.

L'encre est déposée dans une auge H où elle est prise par un cylindre alimentaire G qui tourne par des courroies T passées sur des poulies V. Une règle *q* placée derrière le cylindre G égalise et modère la charge d'encre. De là le rouleau I frottant sur G. enlève de cette encre, puis retombant sur la table, l'y dépose. Les rouleaux K passant sur ce dépôt, étalent l'encre ; ce passage se fait par le va-et-vient de la table CBC qui apporte ces rouleaux sur diverses parties de cette table, en les soulevant dans les poupées fenestrées qui les portent. De là les rouleaux L passant à leur tour sur la même table, se chargent d'encre avec la plus grande égalité, et quand la forme passe sous eux, la simple touche suffit pour l'encre. Il y a à chaque bout de la table un système semblable de rouleaux *étendeurs* et de *touche* qui travaille à son tour; et l'on voit que l'une des formes est encrée quand l'autre est pressée; et réciproquement.

La fig. 1, Pl. 64 représente les parties qui

impriment le mouvement aux diverses pièces. La roue V est celle dont la manivelle reçoit l'action du moteur et est armée d'un *volant* de 5 pieds de diamètre ; cette roue engrène et fait tourner les grandes roues, qui sont montées sur les axes de gros cylindres de pression en fonte. L'une, B′, de ces grandes roues en porte une plus petite sur le même axe, pour faire rouler les cylindres de retournement D′E′. L'autre mène la roue d'angle O′, laquelle engrène avec celle qui mène le pignon M″ de la crémaillière, destiné à donner le va-et-vient à la table.

Toute cette machine est construite en fonte de fer et avec la plus grande solidité, et des galets C′C′, disposés sous la table, facilitent leur mouvement.

Ainsi quand on tourne la manivelle de la roue V, les cylindres de pression et tous les rouleaux de rubans entrent en rotation, chacun dans le sens qui lui appartient; la table va et vient horizontalement, les rouleaux distribuent l'encre d'abord sur une tablette, puis sur d'autres rouleaux, et enfin sur la forme. De là la forme est apportée, en même temps que la feuille, sous le cylindre de pression, et la manœuvre s'opère avec la plus grande régularité. Pour que la retiration fasse un *registre* exact, il suffit de donner un degré convenable de tension aux rubans, et une disposition appropriée aux cylindres de retournement. C'est ce qu'on obtient par des essais à l'aide de vis de pression agissant en *xzh* sur l'axe du cylindre M′ (Pl. 63).

On remarque l'appareil qui fait entrer chaque feuille dans la machine. Sur le bord de la grande roue A (fig. 1, Pl. 64) est un secteur denté *hj*, qui engrène à chaque tour de cette roue avec un autre secteur P. Le *taquet h*, qui fait partie du secteur *hj*, est pressé par le levier *g* pour déterminer l'engrènement des secteurs. Quand les dents de ces secteurs sont toutes passées, l'engrenage cesse, et le contrepoids *b* ramène le secteur P. Les feuilles blanches sont empilées sur la tablette S″; une femme en prend une et la pose en S entre des arrêts. Quand les secteurs entrent en prise, la corde sans fin *p* prend un mouvement qui porte la feuille en avant, où elle est saisie entre les deux cours de rubans, comme il a été expliqué. Puis, lorsque les secteurs sont passés, la tablette S rétrograde et vient recevoir une autre feuille. Et ainsi de suite.

Sur l'axe d'une des grandes roues dentées est un excentrique entouré d'un anneau au bout des deux bielles G′; ces bielles donnent le mouvement au rouleau I, pour la distribution de l'encre, à l'aide de deux équerres I′I′ et des longues tringles inclinées K′K′. Nous avons donné, fig. 2, une vue perspective de la machine pour en faire comprendre les fonctions; la fig. 3 est l'élévation longitudinale du chariot; la fig. 4, sa coupe; les fig. 5 et 6 montrent les rouleaux alimentaires et de décharge; la fig. 3, Pl. 63, les rouleaux distributeurs; la figure 2, la double crémaillière sous le chariot; la fig. 4, le réservoir d'encre et son rouleau; la fig. 5, le mécanisme qui règle la retiration.

Ces détails suffiront pour faire concevoir le mécanisme de la machine de Cowper; si l'on en désire de plus étendus, on consultera le Bulletin cité de la Société d'Encouragement : nous ne pourrions sans excéder les limites qui nous sont prescrites donner plus de développemens à cet égard. Fr.

U

URANATES. C'est ainsi qu'on nomme les sels que forme avec les bases le peroxide d'urane (acide faible). La plupart de ces combinaisons sont indécomposables à une température rouge, qui ferait passer à l'état de protoxide le deutoxide éliminé.

La température du rouge-blanc qui décompose quelques uranates est sans action sur les uranates alcalins et terreux. Les uranates desséchés, et même calcinés, se dissolvent dans les acides forts. L'hydrogène les réduit quand la base est réductible. Il se forme une uranure métallique, si cette base résiste, le deutoxide passe quelquefois à l'état de protoxide, et on a un uranite; avec l'uranate de baryte on obtient de l'urane et de la baryte. Les uranates humides sont solubles dans les carbonates alcalins.

En précipitant l'urane et un autre oxide par l'ammoniaque, on a un uranate double à base d'alcali et d'oxide. Il est difficile d'obtenir les uranates simples. La composition des uranates neutres est telle que, dans l'a-

cide, il y a trois fois plus d'oxigène que dans la base.

Les uranates alcalins et terreux sont d'un jaune orangé. Les uranates de potasse et de soude s'obtiennent en décomposant le carbonate double d'urane et de potasse ou de soude par la chaleur. On prépare l'uranate d'ammoniaque en décomposant par cet alcali les sels de deutoxide d'urane; il se décompose par la chaleur. On peut le dessécher à la température de l'eau bouillante.

En réduisant par l'hydrogène les uranates qui ont pour base des oxides facilement décomposables, on obtient des alliages, et quelquefois seulement des mélanges sous forme de poudre grise pyrophorique. On peut décomposer les uranates alcalins par l'hydrogène, on obtient de l'urane mêlé avec la base alcaline; mais la poudre est tellement pyrophorique qu'elle s'enflamme immédiatement à l'air.

En faisant subir la même réaction à l'uranate de plomb, on obtient un alliage très-combustible de plomb et d'Urane. *V.* à ce dernier mot l'article complémentaire de celui-ci. P.

URANE. Ce métal fut découvert en 1787 par Klaproth, qui le reconnut en examinant un minéral désigné sous le nom de *Pechblende*, provenant de la mine de Johangeorgenstadt, en Saxe.

Ce chimiste l'avait obtenu à l'état métallique, par la calcination de l'oxide dans un creuset brasqué. Ce produit n'était pas fondu, et contenait probablement du carbure d'urane, mais il offrait une masse poreuse ayant l'apparence métallique du fer. Bucholz, en traitant l'oxide par le charbon, obtint aussi une masse grisâtre et d'un faible état métallique.

Arfwedson de son côté et M. Lecanu, en même temps, ont réduit l'oxide d'urane par le gaz hydrogène, à la température rouge. La réduction s'opère facilement et avec ignition. Pour savoir si le produit était de l'urane métallique, Arfwedson a cherché à l'obtenir avec des composés ne contenant pas d'oxigène : il y est arrivé en décomposant par l'hydrogène, le chlorure double d'urane et de potassium. La décomposition est imparfaite; une portion de l'urane se réduit; mais il reste beaucoup de chlorure d'urane avec le chlorure de potassium.

Ainsi obtenu, l'urane est en grains octaèdres réguliers gris foncé, et d'un état métallique; à la loupe, ils paraissent un peu transparens vers les bords. Leur couleur parait d'abord d'un brun rougeâtre; leur poudre a la même couleur.

Berzélius obtient ce métal en chauffant l'oxalate neutre d'urane en vase clos; il se dégage de l'acide carbonique.

L'urane s'obtient donc facilement à l'état métallique; mais son infusibilité ne permet pas de le réunir en culot. Il est un peu transparent, très-combustible, brûle à l'air à la chaleur rouge, et se transforme en protoxide. A la température ordinaire, l'air, même humide, exerce peu d'action sur lui. L'acide sulfurique et hydrochlorique ne l'attaquent pas; l'acide nitrique et l'eau régale le dissolvent facilement, et le portent au *maximum* d'oxidation. La dissolution dans l'acide nitrique est très-rapide, parce que, de tous les métaux, c'est celui qui exige le moins d'oxigène. Il ne décompose pas l'eau pure, mais à l'aide d'un acide cette décomposition s'effectue.

On connait cinq minerais d'urane au moins : 1° l'oxide noir (*pechblende*); 2° l'hydrate de deutoxide; 3° l'uranite jaune ou phosphate double d'urane et de chaux; 4° le chalkolite ou uranite vert (phosphate double d'urane et de cuivre); 5° une combinaison d'urane et d'acide tantalique. On rencontre aussi du sulfate de deutoxide.

Protoxide d'urane. — Il se présente sous forme pulvérulente, quelquefois cristalline, gris-noir avec un aspect métallique, s'il a été fortement chauffé. Réduit en poudre, il est verdâtre. Il est infusible; calciné, il se dissout difficilement dans l'acide sulfurique et hydrochlorique étendus d'eau; mais il se dissout complètement dans ces acides concentrés à l'aide de l'ébullition. Il se dissout facilement dans les acides oxigénans. L'hydrogène sulfuré le réduit à l'aide de la chaleur; il n'en résulte pas un sulfure; mais il se forme de l'urane métallique, de l'eau et de l'acide sulfureux avec un petit dépôt de soufre. Le potassium le réduit. Le protoxide d'urane ressemble beaucoup au métal, se comporte comme lui avec les acides et les corps oxigénans.

L'hydrate de protoxide est vert-grisâtre, floconneux. Il absorbe aisément l'oxigène de l'air, et devient jaune en passant à l'état d'hydrate de deutoxide. Bouilli dans de l'eau privée de l'air par l'ébullition, il abandonne son eau, alors il se dissout plus difficilement dans les acides oxigénans, et il est presque insoluble dans les autres. C'est

l'oxide métallique le moins oxigéné. Il contient

1 at. urane. . .	= 2712 . . .	ou	96,41
1 at. oxigène. .	= 100 . . .	ou	3,58
	2812		100,00

On le prépare en calcinant l'urane très-divisé au contact de l'air, ou même de l'oxigène : l'oxide formé est toujours du protoxide.

Peroxide d'urane. Ce peroxide joue le rôle de base et celui d'acide. Sa tendance à s'unir aux bases et à se combiner avec les acides est telle qu'il est presque impossible de l'obtenir isolé par précipitation; il se réduit d'ailleurs si facilement qu'on ne peut pas le préparer par la décomposition de son nitrate, de son carbonate, ni même de son hydrate.

L'hydrate auquel il donne naissance est d'un jaune foncé très-éclatant. On l'obtient en exposant à l'air de l'hydrate de protoxide bien lavé d'abord avec de l'eau bouillie. Si on lavait celui-ci avec de l'eau aérée, avant qu'il ne fût soustrait à la présence de l'excès d'alcali, précipitant, on aurait un uranate alcalin mélangé à l'hydrate de peroxide. En précipitant par une base une solution de peroxide d'urane, on n'obtient pas un hydrate, mais un uranate de cette base.

L'hydrate de peroxide ne donne pas de peroxide par la calcination à la chaleur rouge : il passe à l'état de protoxide; à plus forte raison, au rouge-blanc. Il se combine bien avec les acides et forme de très-beaux sels doubles avec les bases alcalines. A l'état d'hydrate il absorbe les alcalis, et forme avec eux des sels d'un très-beau jaune. Ces uranates ressemblent à l'hydrate pour la couleur et l'aspect. Ils ont la propriété de passer au travers des filtres quand on les lave avec de l'eau pure. Aussi, dans les analyses, emploie-t-on des solutions de *sel ammoniac* pour les lavages, et cependant on perd toujours une portion du peroxide d'urane.

L'hydrate du peroxide d'urane est soluble dans les carbonates alcalins et mieux dans les bi-carbonates. Quand les solutions sont concentrées, elles laissent déposer des cristaux de carbonate double, qui ne se redissolvent pas aisément. Celui d'ammoniaque ne se dissout même qu'à l'aide d'un grand excès de carbonate d'ammoniaque. Une solution d'urane dans le carbonate d'ammoniaque est décomposée en partie par l'ébullition et laisse un dépôt jaune de sous-carbonate d'urane et d'ammoniaque.

Le peroxide d'urane contient

2 at. urane . . .	5424 . . .	ou	94,93
3 at. oxigène. .	300 . . .	ou	5,27
	5724		100,00

Cet oxide s'unit à la silice et forme des silicates doubles, d'une couleur topaze ou jaune orangé. Il donne cette dernière couleur à la température des moufles à porcelaine; chauffé davantage, il devient brun, puis noir. Pour obtenir un noir parfait, on y ajoute une couleur bleue, celle de cobalt, par exemple.

On emploie en Allemagne ce peroxide dans la peinture sur porcelaine; en France on s'en est peu servi, soit qu'on ait trouvé la couleur capricieuse, soit que son prix ait paru trop élevé. C'est une belle nuance.

L'hydrate de peroxide se rencontre dans la nature. Il est rare et paraît provenir de l'altération du pechblende par l'air.

Pechblende. On trouve ce minéral à Johangeorgenstadt en Saxe, à Joachimsthal en Bohême et à Kœnisberg en Norvége. Il est compacte, amorphe, noir-grisâtre, présente quelquefois l'éclat métallique et ressemble à un schiste houillier. Sa densité varie de 6,4 à 7,5. Il est presque toujours accompagné d'argile bitumineuse, de carbonate de chaux et de magnésie, de pyrite quelquefois arsénicale, de pyrite cuivreuse, de galène, de blende, de mispickel, d'argent sulfuré, de carbonate de fer. L'acide nitrique l'attaque facilement et dissout l'urane et les autres métaux oxidables.

La proportion de protoxide d'urane y est très variable, car on en retire quelquefois moins de 50 pour 100. Arfwedson n'en a obtenu que 65 centièmes.

C'est du pechblende qu'on retire l'urane. Le procédé le plus simple a été indiqué par Arfwedson; on dissout le minerai dans l'eau régale à l'aide d'une douce chaleur. Quand la solution de la matière est opérée, on ajoute un peu d'acide hydrochlorique, et l'on étend d'eau; le plomb, le cuivre et l'arsenic sont précipités par l'acide hydrosulfurique. On obtient d'abord un précipité brun formé de sulfures de cuivre, de plomb et d'arsenic; mais, à la fin, le précipité passe au jaune et consiste en sulfure d'arsenic pur.

Le liquide retient encore du fer, du cobalt et du zinc. M. Arfwedson filtre pour

séparer les sulfures. Il fait bouillir la liqueur claire afin de chasser l'excès du gaz hydrogène sulfuré, et il y ajoute de l'acide nitrique pour peroxider le fer. On y verse du carbonate d'ammoniaque en excès, qui précipite le peroxide de fer et les *terres*, et qui redissout seulement l'urane, le cobalt et le zinc. On filtre pour se débarrasser du dépôt. On sépare l'urane en faisant bouillir la liqueur tant qu'il se dégage du carbonate d'ammoniaque. Une portion du cobalt reste dissoute; mais une autre portion, et l'oxide de zinc lui-même, se précipitent en même temps que l'urane. On recueille ce dépôt sur un filtre, et l'on termine l'opération en calcinant le précipité, et le traitant par l'acide hydrochlorique affaibli et froid, qu'on laisse réagir pendant quelques jours.

Par la calcination le deutoxide d'urane jaune se trouve ramené à l'état de protoxide vert foncé, il perd sa solubilité dans l'acide hydrochlorique, tandis que les oxides de cobalt et de zinc peuvent encore être dissous par cet acide. Il se dissout néanmoins un peu d'urane, mais seulement la portion qui, étant combinée au cobalt et au zinc sous forme d'uranate, a été garantie de l'action de la chaleur.

L'analyse du pechblende est très-compliquée. On le distille d'abord dans une petite cornue en porcelaine pour doser l'eau. Celle-ci est ordinairement accompagnée d'un peu de produits bitumineux.

On réduit ensuite le pechblende en poudre très-fine, et on le met en digestion dans l'acide hydrochlorique qui dissout la chaux, la magnésie, un peu d'alumine et l'oxide de fer. La liqueur s'analyse par les procédés ordinaires.

On fait bouillir le résidu avec de l'acide nitrique pur, jusqu'à ce que l'action cesse. On obtient ainsi une solution chargée de beaucoup d'oxide métallique et un résidu siliceux. Celui-ci doit être séché, pesé, puis grillé, pour brûler le soufre qu'il contient. On le pèse de nouveau pour déduire le poids du soufre. Le produit restant doit alors être attaqué par la potasse au creuset d'argent, et fait l'objet d'une analyse particulière assez simple, puisqu'on n'a que de la silice, de l'alumine, de l'oxide de fer, et peut-être de la chaux et de la magnésie.

La liqueur acide contient de l'argent, du plomb, du cuivre, du zinc, du cobalt, du fer, de l'urane et de l'acide arsénique. On sépare l'argent par l'acide hydro-chlorique, le plomb par l'acide sulfurique et l'évaporation.

On fait passer ensuite dans la matière redissoute par l'eau, et rendue acide par une quantité convenable d'acide hydro-chlorique, un courant d'hydrogène sulfuré qui précipite du sulfure de cuivre, du sulfure d'arsenic et du soufre. Ce dépôt étant recueilli, on dissout le soufre et le sulfure d'arsenic au moyen de l'hydrosulfate d'ammoniaque. Le sulfure de cuivre reste seul. On convertit le sulfure d'arsenic en acide arsénique et arséniate de fer pour le doser.

La solution qui a subi l'action de l'acide hydrosulfurique est mise en ébullition d'abord seule, puis avec de l'acide nitrique qui peroxide le fer. On la débarrasse du fer au moyen du carbonate d'ammoniaque instillé goutte à goutte. On filtre et l'on évapore après avoir ajouté assez d'acide sulfurique pour transformer tous les nitrates en sulfates. Ceux-ci sont desséchés, puis calcinés dans un creuset de platine. Le sulfate d'urane se réduit en protoxide. Celui de zinc en sous-sulfate; celui de cobalt ne s'altère pas. Le sulfate d'ammoniaque se transformé en produits volatils.

Le résidu est mis en digestion avec de l'acide hydro-chlorique faible qui dissout les sulfates de zinc et de cobalt. Il reste donc le protoxide d'urane pur.

Silicates d'urane. Les silicates simples ne sont pas connus; ils sont probablement infusibles. Les oxides d'urane fondent avec les autres silicates. Le deutoxide, avec le verre blanc, donne un verre brun foncé, quelquefois presque noir. Les lames minces en sont jaunes par transparence. Placé sur un fond blanc, il est de couleur topaze. La poudre est d'un beau jaune, surtout quand le verre contient de l'oxide de plomb. On peut employer ce composé à une température basse, au feu de moufle pour peindre sur porcelaine.

A un feu violent le silicate d'urane sert à former un noir sur porcelaine. On ajoute quelquefois deux ou trois centièmes d'oxide de cobalt pour obtenir un beau noir; mais il est difficile à préparer. Pour l'obtenir, il faut fondre à une très-haute température la silice avec les oxides de cobalt et d'urane: ce dernier se change en protoxide. Uni aux silicates, le protoxide d'urane ne se réduit pas dans un creuset brasqué à la température des essais de fer, tandis qu'il est ramené

à l'état métallique par l'hydrogène au rouge naissant.

Analyse des matières uranifères. L'urane jouant le rôle de base et le rôle d'acide, il est très-difficile à doser. On le dose maintenant à l'état de protoxide chauffé au blanc.

Par les hydro-sulfates on le sépare des alcalis et des terres alcalines. Il faut laver le précipité hors du contact de l'air, le griller et le chauffer au blanc pour le convertir en protoxide d'urane. Par le carbonate d'ammoniaque en excès on dissout le peroxide d'urane, et on le sépare des terres et des oxides métalliques qui n'y sont pas solubles.

L'hydrogène sulfuré ne précipitant pas l'urane de ses dissolutions, on peut appliquer cette propriété à séparer tous les métaux dont les solutions sont décomposées par ce gaz.

L'acide oxalique forme, avec le deutoxide d'urane, un sel soluble, ce qui permet d'en séparer tous les métaux qui forment des oxalates insolubles.

En chauffant un mélange de peroxide d'urane avec un oxide réductible par le charbon, on peut opérer la séparation par voie sèche. On mêle la matière avec trois ou quatre fois son poids de verre terreux, dans un creuset brasqué, on réduit ainsi l'oxide réductible, et l'on ramène l'urane à l'état de protoxide.

L'urane peut se séparer de plusieurs métaux par les carbonates alcalins qui le précipitent le premier.

M. Berzélius, pour séparer l'oxide d'urane de la chaux, dissout ces bases dans l'acide hydro-chlorique, et verse dans la solution un mélange d'alchool et d'acide sulfurique. La chaux se précipite à l'état de sulfate, qu'on lave avec de l'alchool affaibli.

Le peroxide d'urane et l'alumine se séparent au moyen du carbonate d'ammoniaque ajouté goutte à goutte. Le deutoxide d'urane se précipite le premier.

On sépare l'urane du fer en évaporant à sec leurs nitrates, et reprenant par l'eau, on sépare ainsi tout l'oxide de fer. Il faut chauffer doucement, agiter continuellement, et au besoin réitérer plusieurs fois ce traitement. Quand l'urane et le fer sont tous deux à l'état de peroxide, on précipite par un carbonate en excès qui redissout l'urane. Si le fer est à l'état de protoxide, et l'urane à celui de deutoxide, on les sépare par un carbonate versé peu à peu. Le fer, à l'état de protoxide, se précipite avec l'urane.

Uranite d'Autun, uranite jaune. C'est un double phosphate d'urane et de chaux qu'on avait décrit comme un hydrate. On le trouve, en belles lames jaunes hexagonales et nacrées, dans les roches primitives de Saint-Symphorien, aux environs d'Autun ; il y fut découvert par M. Champeaux, ingénieur des mines.

Laugier a prouvé que ce minéral est un phosphate double d'urane et de chaux. Pour l'analyser il le dissolvait dans l'acide hydrochlorique, et séparait la gangue par filtration. L'ammoniaque en excès précipite le phosphate d'urane. Toute la chaux reste dans la liqueur ; on la précipite par un oxalate.

Le dépôt formé par l'ammoniaque est calciné, pesé et traité par la potasse au creuset d'argent. La masse est traitée par l'eau, qui dissout l'excès de potasse et le phosphate de potasse. Ce sel contient tout l'acide phosphorique qu'on précipite par un sel de chaux. Le résidu n'est pas de l'oxide d'urane pur, mais de l'uranate très-acide de potasse. La petite quantité de base qu'il contient change peu son poids. Voici le résultat de l'analyse :

Peroxide d'urane	55,0
Chaux	4,5
Eau.	21,0
Silice, oxide de fer	3,0
Acide phosphorique.	14,5
	98,0

Cette composition correspond à un atome de phosphate sesquibasique de chaux, deux atomes de phosphate sesquibasique d'urane et soixante-douze atomes d'eau.

Chalcolite, uranite vert. Dans ce minéral le cuivre remplace, atome à atome, la chaux de l'uranite jaune. Les deux espèces sont isomorphes, et ne diffèrent que par la couleur. On trouve le chalcolite dans les terrains anciens du Cornouailles. On le rencontre aussi à Johangeorgenstadt, et à Rheinbreidesbach. Sa couleur varie du vert-pré au vert-serin. Il est très-éclatant et nacré. Du reste il est lamelleux comme le précédent. Sa densité est égale à 3.

M. Berzélius pensait que ce minéral était coloré par l'arsénite de cuivre. Au chalumeau ou au creuset brasqué on en obtient en effet un culot métallique blanc, cassant comme l'arséniure, et répandant une petite odeur. C'est un phosphure de cuivre.

Philips, qui a le premier reconnu la nature des uranites, a cherché inutilement l'acide arsénique dans le chalcolite. Il y a trouvé :

Uranite du Cornouailles.

Peroxide d'urane	60,0
Oxide de cuivre.	9,0
Acide phosphorique	15,3
Eau.	13,8
Silice	0,5
	98,6

Pour analyser le chalcolite M. Philips le dissout dans l'acide nitrique, qui laisse pour résidu la gangue siliceuse. Il fait bouillir la liqueur avec de la potasse caustique en excès ; on décompose ainsi les phosphates d'urane et de cuivre, on filtre pour recueillir le deutoxide de cuivre et l'uranate de potasse. On sature la dissolution par l'acide acétique ; l'acide phosphorique qu'elle contient se dose par le nitrate neutre de plomb. Le mélange de deutoxide de cuivre et d'uranate de potasse doit être redissous par l'acide nitrique. La dissolution traitée au moyen d'un excès d'ammoniaque fournit de l'uranate d'ammoniaque insoluble. Après l'avoir lavé on le calcine, et on le pèse à l'état de protoxide. La liqueur qui contient le cuivre est portée à l'ébullition : on y verse un excès de potasse, et quand elle ne perd plus d'ammoniaque on la jette sur un filtre. On a ainsi du deutoxide de cuivre. Pour doser l'eau on calcine une portion du minéral ; la perte est un peu plus grande qu'il ne faudrait : cela tient à ce que le deutoxide d'urane se portant sur l'oxide de cuivre pour former un uranate, il se dégage avec l'eau une portion d'acide phosphorique.

Il est probable qu'on rencontrera plusieurs variétés de ces phosphates doubles dans lesquels la chaux ou le cuivre seront remplacés par d'autres bases analogues. *V.* pour plus de détails l'article Urane du Traité de chimie de M. Dumas.

URINE. On désigne sous ce nom un liquide excrémentitiel des animaux, et que chacun connaît.

L'urine de l'homme a joué dans les arts industriels un rôle dont l'importance diminue chaque jour par suite de la substitution de l'ammoniaque, dont les dosages bien plus faciles produisent des effets incomparablement plus constans et meilleurs.

Un grand nombre de chimistes se sont successivement occupés de travaux analytiques sur l'urine ; parmi eux on doit citer Boerhaave, Haller, Hanpt, Margraff, Pott, Rouelle, Proust, Klaproth, Schèele, Kruickshanks, Fourcroy, Vauquelin, Laugier ; MM. Berzelius, Thénard, Brande, Rose, Chevreul, Giesse, Henry, Lassaigne, Chevallier, Baruel, etc., etc.

L'urine de l'homme sain est transparente, d'une couleur variable entre le jaune clair et le jaune orangé ; son odeur est caractéristique ; sa saveur âcre et salée ; récente elle rougit le papier de tournesol ; abandonnée à elle-même, avec le contact de l'air, elle se décompose, donne naissance à de l'ammoniaque ; il se forme en même temps un dépôt d'urate d'ammoniaque, de phosphate de chaux et de phosphate ammoniaco-magnésien. Si l'urine est à l'abri du contact de l'air il n'y a pas formation d'ammoniaque. Ce fait a été constaté par Proust, qui conserva de l'urine pendant six ans, dans un flacon bien bouché, sans altération notable. Soumise à l'action de la chaleur dans des vases clos, l'urine donne lieu à divers phénomènes. L'urée et le mucus se décomposent, donnent de l'huile et du carbonate d'ammoniaque ; les acides se combinent avec une portion de l'ammoniaque ; il se forme du phosphate double de soude et d'ammoniaque ; le phosphate de chaux et le phosphate ammoniaco-magnésien, qui étaient dissous à la faveur des acides, se précipitent ; la liqueur prend une couleur plus foncée, l'eau se volatilise, entraînant avec elle une substance volatile qui n'a pas été bien encore examinée ; les sels solubles, ainsi que la portion de l'urée non décomposée, se trouvant dans un liquide assez rapproché, cristallisent.

L'analyse de l'urine prise dans diverses circonstances a été publiée par les chimistes, au nombre desquels on cite Vauquelin ; MM. Berzélius, Thénard, Orfila, etc., etc. M. Berzélius a donné les proportions suivantes pour 1,000 parties d'urine d'homme à l'état de santé.

Eau.	933,00
Urée	30,10
Sulfate de potasse	3,71
Sulfate de soude.	3,16
Phosphate de soude	2,94
Hydro-chlorate de soude.	4,45
Phosphate d'ammoniaque	1,65
Hydro-chlorate d'ammoniaque	1,50

Acide lactique libre . . . . . Lactate d'ammoniaque . . . . Matière animale soluble dans l'alcohol . . . . Urée qui ne peut être séparée de cette matière.	17,41
Phosphate terreux avec fluate de chaux	1,00
Acide urique	1,00
Mucus de la vessie	0,32
Silice	0,03

Les proportions de substances contenues dans l'urine doivent varier; car il est démontré que la plupart des substances introduites chez l'homme passent dans les urines. *V.* les expériences de Woehler, Journal de chimie médicale pour 1829.

Outre les principes signalés par M. Berzelius, d'autres ont été découverts par plusieurs chimistes, dans les urines de sujets affectés de certaines maladies : de ce nombre sont l'acide rosacique, une matière jaune, de la gélatine et de l'albumine; deux substances particulières, la cyanourine et la mélanourine; de la matière caséeuse, du sucre de diabétès, du sucre cristallisable, solide et très-sucré; de l'oxalate de chaux, de la résine avec l'ulmine, de l'acide acétique, de l'acide benzoïque, de l'acide carbonique, du soufre et du fer.

L'urine pourrait être utilisée : 1° pour la fabrication de l'ammoniaque, soit en la saturant d'acide sulfurique au fur et à mesure de son rapprochement dans des chaudières en plomb, comme l'ont tenté, les premiers, MM. Payen et Bourlier; soit en la traitant putréfiée par l'hydrate de chaux, et recevant les premiers produits distillés dans de l'acide sulfurique; 2° pour la préparation de l'alun, en y employant les sels ammoniacaux recueillis comme nous venons de le dire; 3° pour la confection des ENGRAIS (voir ce mot et l'article URATES); 4° pour le lavage des laines.

Jusqu'ici les faibles proportions des produits utiles qu'elle renferme, et l'odeur repoussante de son traitement sur de grandes masses, ont rendu généralement peu profitables ou empêché ces applications.

Cependant, toutes les fois que les urines des hommes et celles des autres animaux pourront être réunies dans des réservoirs frais, puis répandues économiquement en petites proportions sur les terres en culture, elles imprégneront utilement celles-ci des principes fécondans de leur décomposition spontanée.

En Flandre on conserve, avec les matières fécales, les urines et les eaux ménagères. Ce mélange fluide répandu sur les terres ou mis en petites doses aux pieds de chaque touffe des plantes sarclées, excite et nourrit activement les développemens des végétaux.

Cette pratique n'a d'inconvénient que l'odeur infecte qu'en certaines saisons l'engrais précité fait dominer dans les champs. On peut l'éviter en faisant absorber et désinfecter, par une poudre charbonneuse, les détritus organiques putréfiés, comme le font, d'après un procédé breveté, MM. Salmon, Payen, et Buran, à Grenelle, près de Paris.

L'engrais pulvérulent ainsi obtenu réalise un *maximum* d'effet, dont on serait étonné si l'on ne savait pas que la putréfaction, si efficacement ralentie des matières animales, lui permet alors de suivre, sans les devancer, les progrès de la végétation; tandis que dans l'emploi ordinaire des fumiers et des autres engrais le dégagement des gaz utiles est souvent en raison inverse du développement des parties vertes qui pourraient les assimiler.

URIQUE (ACIDE). *Acide lithique, acide lithiasique, acide bézoardique, acide des calculs,* on a donné ces noms divers à un acide dont la découverte est due à Scheèle; dans la publication qu'il fit de ses expériences en 1776, il annonça la présence d'un acide nouveau dans les calculs urinaires. Ces résultats furent confirmés par Bergmann, qui, ainsi que d'autres chimistes, s'occupait d'expériences sur la nature des concrétions calculeuses formées dans la vessie.

L'acide urique étudié par Bergmann, Fourcroy, Vauquelin, Henry, puis par MM. Higgins, Wollaston, Pearson, Williams, Prout, Proust, Chevallier, Lassaigne, etc., existe dans les urines humaines; souvent il se dépose sous forme d'une poudre jaune; il constitue des calculs urinaires formés de couches concentriques. Uni à l'ammoniaque, il donne lieu à d'autres calculs, il existe dans la matière blanche des excrémens des oiseaux. Vauquelin l'a trouvé dans les urines blanches et troubles que rendent les serpens. M. Robiquet l'a découvert dans les cantharides; Brugnatelli l'a trouvé combiné à l'ammoniaque dans les matières

excrémentitielles de la falène du ver à soie, et dans le blanc du même insecte. Il est uni à la soude dans les calculs arthritiques (qui se forment dans les articulations). On l'a trouvé dans une sécrétion produite par les pores *du cuir chevelu*. (Heller et Chevallier.)

Extraction. On réduit en poudre fine les *calculs d'acide urique*. On les fait ensuite dissoudre dans une solution de potasse à l'alcool; on laisse déposer la liqueur, on tire à clair le liquide alcalin, on l'étend d'eau, puis on le filtre. La liqueur filtrée est alors décomposée par l'acide hydro-chlorique, ou par l'acide acétique. Ces acides s'unissant à la potasse précipitent l'acide urique, qui se dépose sous forme de poudre blanche, rude au toucher. On recueille le précipité sur un filtre; on le lave d'abord avec un peu d'eau aiguisée d'alcali volatil, puis avec de l'eau chaude, et jusqu'à ce que le liquide n'enlève plus rien au précipité.

On peut encore obtenir l'acide urique en traitant de la même manière les dépôts qui se forment dans les urines de l'homme (avant qu'elles n'aient subi la putréfaction).

L'acide urique est pulvérulent, insipide, inodore; il rougit la teinture de tournesol, se dissout dans 1720 fois son poids d'eau à 16° centésimaux, et dans 1150 parties d'eau à 100°. Cette solution par refroidissement laisse déposer de l'acide urique sous forme de petits cristaux. La solution aqueuse d'acide urique rougit le papier de tournesol. *Voyez*, pour plus de détails, le *Dictionnaire des Drogues*, par MM. Chevallier, Richard et Guillemain. (P.)

USANCE. Cette expression est un vieux mot français synonyme d'*usage*, et qui n'est plus employé qu'en matière commerciale; il indique le délai de grâce accordé en certain pays pour le paiement d'une lettre de change, après son échéance. Actuellement en France, l'*usance* est le mois tel qu'il est fixé dans le calendrier grégorien. Ainsi une lettre de change tirée à trois usances est payable au bout de trois mois, ces mois étant de 28, 29, 30 et 31 jours, selon la durée des mois intermédiaires comptés depuis la date jusqu'à l'échéance. L'usance est de 30 jours qui courent du lendemain de la date de la lettre de change, selon le Code de commerce, art. 132.

Ces considérations sont importantes, surtout quand la lettre de change n'étant pas payée, le porteur est obligé de protester; car le *protêt*, faute de paiement, doit être fait le lendemain du jour de l'échéance, sans quoi tous les endosseurs sont censés libérés, et le porteur n'a plus de recours contre eux. Si le jour fixé pour le protêt est férié, le protêt doit être fait le jour suivant.

Au reste, les usances varient avec les pays; tantôt on a un, deux, et jusqu'à dix jours de grâce, à compter de l'échéance; tantôt les mois sont tous comptés de 30 jours. Ce sont des usages que les commerçans doivent connaître; mais ces détails ne sauraient trouver place ici. *Voyez* le Traité théorique et pratique des Lettres de change, par M. Schiébé, l'ouvrage de M. Pardessus relatif à ce sujet, l'Arithmétique de M. Juvigny, etc. Fr.

USINE. On donne plus particulièrement ce nom aux grands établissemens métallurgiques où l'on traite les minerais de Fer et de Cuivre. *Voyez* ces mots. On désigne encore généralement ainsi toutes les Fabriques. *Voyez* l'article y relatif. P.

V

VACHE, VACHERIE. (*Économie rurale.*) Ce qui a été exposé à l'article Bestiaux nous dispense d'entrer ici dans beaucoup de détails. Nous ajouterons seulement quelques notions spéciales qui peuvent avoir de l'importance.

Les plus grosses vaches sont en général préférables, en leur donnant une nourriture proportionnée à leur force. On choisira donc celles qui auront la plus haute taille, le front large, les cornes bien ouvertes et polies, le ventre gros et ample. Les meilleures vaches sont les plus fécondes, les plus pourvues de lait, les plus douces de caractère, etc; elles ne doivent pas être grasses, si ce n'est lorsque l'on veut les envoyer au boucher. La couleur du poil est indifférente, et les idées particulières qui se sont faites à cet égard, et qui d'ailleurs varient avec les localités, peuvent être considérées comme autant de préjugés.

Dans une exploitation rurale, il faut au moins six vaches par charrue pour utiliser les gros fourrages, fumer les terres, obtenir

des veaux, du lait, du beurre et du fromage, etc. On évalue à 100 francs par an le produit d'une vache en terme moyen; mais ce n'est qu'en grande exploitation que les vaches sont réellement profitables. Une fille peut suffire pour soigner au plus douze vaches, et être chargée de toutes les opérations de la laiterie. Les produits de ces animaux varient considérablement avec les localités, les soins et les espèces. *Voyez* Beurre, Bestiaux.

Pendant la gestation, les vaches n'exigent aucun soin particulier; il suffit de les nourrir abondamment, et de les tenir avec propreté dans un lieu sain. Elles perdent leur lait plus tôt ou plus tard, mais communément au sixième ou septième mois de la gestation, qui dure neuf mois : du moins, il ne faut pas traire les vaches au delà de ce terme, parce qu'on enlèverait la substance du petit, et on affaiblirait la mère. Le plus souvent, le part n'a pas besoin de secours; une bonne litière, quelques soins de propreté et de salubrité sont seuls nécessaires. Au reste, il est bon que le vacher soit prêt à aider la sortie du veau quand le cas l'exige, et celle du délivre, que la mère retire souvent elle-même, et mange pour l'ordinaire, sans qu'il en résulte d'inconvénient, fait qui est contraire aux préjugés populaires. Donner du vin, de l'eau blanche, de la farine d'orge, des herbes à discrétion, sont les seules précautions qu'on doive prendre pendant 8 à 10 jours.

La mère lèche d'abord son petit, le réchauffe auprès d'elle, l'allaite, et se charge de tous les soins. Le cas d'altération du lait, ou de la maladie, exige cependant quelquefois que le vacher intervienne. Le premier lait purge le nouveau-né. Au bout d'un, de deux ou de trois mois, on livre le veau au boucher; il en est même qu'on tue à l'âge de 8 jours, quoique les ordonnances de police s'y opposent, cette viande étant alors peu saine. Les petits veaux pèsent 50 livres, les forts 150.

Lorsqu'on veut élever les veaux pour accroître le troupeau, on a soin de choisir les plus forts et les mieux conformés, engendrés par une vache de 4 à 10 ans. Le petit commence à brouter dès le second mois. Les dents de lait sortent avant, ou peu après la naissance; la dentition est complète à la fin du premier mois; ces dents tombent à 18, 20, et même 24 mois, et ne sont complètement renouvelées qu'à 4 ans et demi ou 5 ans. Les cornes poussent à la seconde année, et on y reconnaît l'âge de l'animal, chaque bourrelet de la base indiquant une année après la première. On musèle les veaux quand on veut s'opposer à ce qu'ils tètent leur mère. A l'âge d'un an, le veau devient taureau ou génisse; dès 2 ans, on châtre les mâles qu'on ne destine pas à la reproduction.

On peut faire travailler les vaches comme les bœufs ; mais on doit alors les bien nourrir, pour que la fatigue ne les prive pas de leur lait.

Il faut compter au moins 15 kilogrammes de bon foin par jour pour la nourriture d'une vache; le trèfle, la luzerne, le maïs, les navets, les pommes de terre, les tiges de vesce, de lentilles, de spergule, de chicorée, la paille d'orge et d'avoine, etc., sont préférés. Les herbes vertes donnent plus de lait, mais moins de crême. En général, il est reconnu que la qualité du beurre dépend essentiellement de celle des pâturages et des soins hygiéniques. Le plus souvent on conduit les vaches aux champs; mais dans certaines localités on les laisse constamment à l'étable. On fait boire les vaches deux fois par jour en été, une seule fois en hiver. Les marais ne donnent qu'une pâture de mauvaise qualité, qui présente des dangers pour la santé des vaches.

On estime qu'un cheval ne fournit de fumier que pour un arpent de terre, tandis qu'une vache suffit à deux arpens, et donne un meilleur fumier, surtout pour les terres légères et sablonneuses.

D'après ce qui a été dit aux articles Étables, Écuries et Bergeries, nous croyons inutile de traiter des vacheries d'une manière spéciale, pour éviter les répétitions inutiles. Fr.

VAISSEAUX, NAVIRES. (*Arts mécaniques.*) On donne le nom de navires aux bâtimens propres à la navigation sur mer, et l'on désigne particulièrement ceux de l'état qui sont armés en guerre par les noms de *vaisseaux*, *frégates*, *corvettes*, *bricks*, *goëlettes*, *lougres* et *côtres*. Les *prames*, *gabarres*, sont spécialement réservées au transport des troupes et munitions; les *flûtes* sont des bâtimens de guerre dont on a réduit l'armement, soit pour les destiner aux transports, soit pour en faire des ambulances d'hôpital, à la suite d'une escadre ou d'une armée.

Le bâtiment de guerre qui a deux ou trois

batteries de canons couvertes est appelé *vaisseau ;* tout bâtiment au-dessous prend la dénomination de *frégate* ou de *corvette,* suivant la qualité plus ou moins forte des canons qu'il porte. Ces différens navires sont pourvus du même nombre de mâts, et ils ne diffèrent que par leurs dimensions : ce nombre est de trois mâts verticaux, et d'un quatrième mât qui s'élance au dehors, à l'avant, sous une inclinaison d'environ 45 degrés à l'horizon. On nomme celui-ci *beaupré ;* le *grand mât* est entre celui de *misaine* et celui d'*artimon,* le premier vers la proue, et le second vers la poupe. Ces divers mâts, situés sur la direction de l'axe du navire, sont prolongés par d'autres, qui en accroissent l'élévation. On appelle *grand mât de hune* celui qui est enté sur le grand mât, et *grand mât de perroquet* celui qui est enté sur ce dernier. Le mât de misaine porte pareillement un mât de hune et un perroquet; celui d'artimon n'a qu'un perroquet, qu'on nomme de *foule,* de *fougue* ou d'artimon; enfin, le beaupré a aussi son perroquet, qui est appelé *tourmentin.*

Le grand mât est à peu près au milieu du vaisseau : en partageant la longueur du vaisseau en onze parties, l'artimon est fixé vers la deuxième partie, et le mât de misaine vers la dixième, à compter de l'arrière à l'avant, de manière à laisser entre les mâts le plus d'espace possible, et à donner aux voiles la plus grande largeur, sans gêner la manœuvre. Le grand mât et celui d'artimon penchent un peu vers l'arrière. Ces mâts sont arrondis et formés de plusieurs pièces de bois, bien assemblés, reliés par des cordes et des frettes en fer, goudronnés, et renforcés par des jumelles. Ils sont destinés à recevoir les *vergues* qui portent les voiles. Les mâts de prolongement ont leur brisure d'en haut affermie par le *chouquet ;* des cordages ou *haubans* les maintiennent solidement dans leur direction contre l'effort des vents. Des développemens plus étendues à ce sujet seraient déplacés ici. *Voyez* l'article MATS.

Le *brick,* ainsi que la *goëlette,* n'a que deux mâts verticaux, et son beaupré incliné à l'avant : ces deux navires ne diffèrent que par leur gréement et leur voilure. Le brick était, dans l'origine, appelé *brigantin,* et il est vraisemblable que ce nom ne lui fut donné que pour réveiller le souvenir des flibustiers, qui firent leurs principales expéditions avec des bâtimens de cette espèce.

Les autres navires sortent de la classe des bâtimens de guerre, et la plus légère différence dans la disposition de leurs mâts, de leurs vergues et de leurs voiles, donne naissance à une multitude de dénominations diverses, qui changent suivant les parages. C'est ainsi qu'un petit bâton parallèle au mât de l'arrière, qui est le grand mât des bricks, et qui sert à hisser la corne de brigantine, fait prendre au navire le nom de *senau.* Il est de même une foule de modifications apportées dans le gréement et l'installation de ces bâtimens. Ces détails sans intérêt sortent du cadre de notre Dictionnaire.

Les *gabarres,* quelquefois appelées *corvettes de charge,* sont en tout semblables aux frégates, et en diffèrent peu dans les principales dimensions. Quant aux *prames,* qui ont les fonds plats, et généralement marchent très-mal, elles méritent à peine d'être comparées pour l'utilité aux navires de commerce hollandais ; leur apparence serait la même que celle des gabarres, si elles avaient comme ces dernières, une batterie armée.

Après tous ces navires, viennent les bâtimens de commerce qui sont uniquement destinés au chargement, et qui n'ont qu'un seul point éclairé, le *tillac* ou *gaillard.* Ce sont des *trois mâts* et des *bricks.*

Les *côtres* n'ont qu'un seul mât vertical, et ne font ordinairement que la navigation des côtes, ou le *cabotage.*

En général, tous les bâtimens de guerre et de commerce, et même les bricks, sont appelés vaisseaux *carrés,* parce que leurs principales voiles sont carrées. Les bâtimens inférieurs, comme le *lougre,* le *chasse-marée,* la *tartane,* le *chébec,* le *trabacolo,* etc., ont leurs voiles triangulaires, qu'on appelle *voiles latines :* ce sont de grands bateaux pontés et gréés pour la mer.

Revenant aux bâtimens de guerre, nous dirons qu'il y en a de deux espèces, qu'on désigne par les noms de *vaisseaux à trois ponts* et *vaisseaux à deux ponts.* Ces deux classes sont elles-mêmes partagées pour former quatre rangs distincts de force, de 120, 100, 74 et 50 canons.

Les frégates sont également partagées en deux rangs, selon leur grandeur et leur force. Autrefois, il y avait des frégates de 36, 42, 48 canons, des calibres de 12, 18 et 24 (poids des boulets) ; mais aujourd'hui, on n'en construit plus que de 54 et

de 60 canons, des calibres de 24 et de 30.

Les corvettes et les bricks ont indifféremment pour armement des caronades ou des canons, mais plus généralement de ces premières, et seulement des canons pour étendre le pointage et la portée des boulets, dans le cas de chasse ou de retraite, et quelquefois aussi pour tirer sur la terre.

Les principales dimensions des bâtimens de mer sont : 1° la longueur totale ; 2° la largeur, qui se prend au milieu, et qui est ordinairement d'un quart de la longueur pour les navires de guerre, et d'un tiers pour ceux du commerce ; la troisième dimension est le *creux* ou la profondeur, depuis le pont jusqu'à la quille.

Le budget de 1830 porte à trente-quatre le nombre de nos vaisseaux, à quarante et une frégates, à cinq corvettes de guerre, à vingt-neuf bricks, à neuf corvettes-aviso, à quinze goëlettes-bricks, à six canonnières, à trente-quatre goëllettes, à quarante-trois côtres, lougres, etc., à neuf bateaux à vapeur, à quinze corvettes de charge, à trente-sept gabarres, six transports, etc.

Consultez les Dictionnaires de Romme, de Willaumez ; le Traité de la construction, de Vial de Clairbois ; les Tables comparatives des dimensions des bâtimens, par Gicquet Destouches, etc. Fr.

VAN. (*Technologie.*) Le *van* est un instrument d'osier à deux anses, qui a donné son nom au *vannier*. Le van a une surface presque plane, avec un rebord d'environ six pouces de haut par derrière ; ce rebord diminue de hauteur sur les côtés, et se réduit à rien lorsqu'il arrive au côté du devant qui n'a pas de bord. Il sert à vanner les grains, pour en séparer la menue paille et la poussière : lorsqu'on l'agite en lui faisant produire un léger mouvement circulaire, les grains sont plus lourds, ils occupent le fond ; la menue paille et la poussière viennent à la surface : on enlève le tout avec la main. *V.* Vannage.

VANILLE. On nomme ainsi le fruit du vanillier. *Epidendrum vanilla*, L. *Vanilla aromatica*, Swartz. — (Famille des Orchidées. Gynandrie, Diandrie. L.) Cette plante croit spontanément dans l'Amérique équinoxiale, surtout au Mexique, dans les républiques de Colombie, du Pérou, et sur les rives de l'Orénoque.

Le vanillier se cultive au Brésil, dans les Antilles, et dans les contrées des climats chauds. Il offre une belle végétation dans les endroits plantés d'arbres et arrosés par des sources : *fausse parasite* sur les troncs des vieux arbres, il végète en s'attachant à leur écorce, et aspirant l'humidité de celle-ci, qu'entretiennent sans cesse les lichens et divers autres cryptogames, mais sans vivre, comme le gui et autres *vrais parasites*, aux dépens des propres sucs de ces arbres.

Les rameaux du vanillier, sarmenteux et flexibles, s'élèvent très-haut en serpentant autour des arbres à leur portée ; ses feuilles sont alternes, persistantes, épaisses, charnues, un peu coriaces, légèrement ondulées sur leurs bords ; les fleurs, très-volumineuses, sont purpurines, odorantes, et disposées en bouquets ; son fruit, presque cylindrique, uniloculaire, en forme de silique, est pulpeux à l'intérieur.

La récolte de la vanille doit être faite avant sa complète maturité.

Lorsque l'on a rassemblé au moins douze mille *siliques*, on les attache en chapelet par la partie inférieure, le plus près possible de leur pédoncule : on trempe un instant dans l'eau bouillante ces fruits pour les blanchir ; on les suspend ensuite à l'air libre, aux rayons du soleil, pendant quelques heures. Le lendemain, on enduit la vanille d'huile, à l'aide d'une barbe de plume, ou avec les doigts. On a le soin d'entourer les capsules avec un fil de coton imbibé d'huile, pour empêcher les valves de se séparer. Lorsqu'elles se dessèchent, il s'écoule de leur extrémité supérieure renversée l'excès d'un liquide visqueux ; on facilite cet écoulement en pressant, à plusieurs reprises, les gousses avec les mains huilées.

Les vanilles en se desséchant se déforment, deviennent brunes, ridées, molles, et diminuent au delà des trois quarts de leur volume. En cet état, on les enduit une seconde fois d'huile, mais avec ménagement, car un excès d'huile diminue beaucoup l'odeur suave qui fait leur qualité essentielle ; elles sont alors propres à être livrées au commerce.

On dispose ces fruits, improprement nommés gousses ou siliques, par petites bottes de 50 ou de 100, que l'on expédie en Europe, après les avoir enveloppés dans des feuilles de plomb ou renfermées dans des boîtes métalliques bien closes.

La vanille, telle qu'elle nous arrive par la voie du commerce, est un fruit capsu-

laire, siliquiforme, de la grosseur d'une plume de cygne, droit, cylindrique, un peu comprimé, tronqué au sommet, aminci à ses deux bouts, luisant, ridé, sillonné longitudinalement, flexible, et d'une longueur qui varie entre 5 et 10 pouces; d'une couleur brune, rougeâtre. A l'intérieur, il contient un parenchyme pulpeux, mou, onctueux, très-brun, dans lequel se trouvent des semences noires, brillantes et très-petites; son odeur est suave, aromatique; sa saveur chaude, un peu douceâtre. Ces dernières propriétés paraisssent dépendre d'une huile essentielle; souvent l'acide benzoïque forme des efflorencences cristallines à la surface du fruit. La partie pulpeuse est douée des principes aromatiques; le péricarpe est très-peu odorant.

On distingue dans le commerce plusieurs sortes de vanilles, qui, suivant l'opinion communément adoptée, sont dues à des variétés de la même espèce, cultivée ou sauvage. Cependant, les gousses de quelques vanilles ont une forme si particulière, et d'ailleurs les espèces d'orchidées des contrées intertropicales sont tellement nombreuses, que des espèces distinctes, appartenant au genre *vanilla*, sont susceptibles de fournir des fruits assez semblables, pour être confondus dans le commerce de la droguerie.

La première et la plus estimée a reçu le nom de *vanille leq;* elle est longue d'environ 6 pouces, large de 3 à 4 lignes, rétrécie aux deux extrémités et recourbée à sa base; un peu molle, visqueuse, d'une couleur rougeâtre foncée, et d'une odeur extrêmement suave, analogue à celle du baume du Pérou. On lui donne le nom de *vanille givrée* quand elle s'est couverte d'efflorescences d'acide benzoïque, après avoir été conservée dans un lieu sec et dans des vases non hermétiquement clos.

La seconde sorte nommée *vanille simarona* ou *bâtarde*, est un peu plus petite que la précédente, d'un brun moins foncé, plus sèche, moins aromatique, non susceptible de se couvrir d'efflorescences; elle ressemble d'ailleurs en tous points à la vanille leq, et, suivant l'opinion de M. Guibourt, paraît être le fruit de la plante sauvage : on la tire de Saint-Domingue.

Une troisième sorte est le *vanillon* ou *grosse vanille*, du commerce français; *vanilla pamprona* ou *bova* des Espagnols. Sa longueur est de 5 à 7 pouces, sa largeur de 6 à 9 lignes. Elle est brune, molle, visqueuse, presque toujours ouverte, d'une odeur forte, mais moins suave que la vanille leq; elle est par conséquent moins estimée, et souvent un peu altérée par un commencement de fermentation. On l'envoie du Brésil, en quelque sorte confite au sucre, et renfermée dans des boîtes de fer-blanc qui contiennent de 20 à 60 gousses.

La vanille est un des aromates les plus recherchés, surtout par les chocolatiers, les confiseurs, les glaciers, les crémiers, et les parfumeurs et distillateurs. Elle est difficile à réduire en parties fort tenues; on parvient cependant à la diviser suffisamment pour ses divers usages, en la coupant très mince et en la broyant avec du sucre. Pour quelques préparations, on extrait le principe odorant à l'aide de l'alcool froid.

Comme la vanille est d'un prix fort élevé, on trouve, dans le commerce, des gousses, qui, restées sur la plante après la maturité se sont ouvertes, et ont laissé échapper les principes aromatiques. Les falsificateurs recouvrent avec soin ces gousses, et les enduisent avec le baume du Péron, pour leur donner de l'odeur; ils ont d'ailleurs le soin de placer ces mauvaises gousses au centre des boîtes de vanille de première qualité. Un examen très attentif est indispensable pour décéler cette falsification.

VANNAGE. (*Agriculture.*) Lorsque les semences de céréales ont été enlevées de leurs épis par le battage, elles se trouvent mêlées de terre, de balles, et de beaucoup de substances étrangères : on les en débarrasse par le vannage. Dans la plupart des pays, cette opération se fait avec un van; il est muni de deux anses ou poignées. L'ouvrier le saisit par ces anses avec les deux mains, et, appuyant le bord postérieur sur le bas-ventre et le fond sur une cuisse, il secoue le grain et le fait sauter en l'air par un mouvement combiné de tous ses membres. Le vent enlève les balles et les poussières; et les grains sont ainsi nettoyés.

Ce procédé lent et pénible a l'inconvénient de ne chasser des semences que les corps légers; les pierres, le sable, y restent mêlés : d'ailleurs on fait l'ouvrage lentement.

Dans les contrées méridionales, on jette le blé contre le vent avec des pelles, souvent on le lance circulairement. Le bon grain, étant plus pesant, résiste à l'effort du vent, et est lancé au loin; les grains imparfaits, la poussière, restent en arrière. On produit

aussi le même effet en jetant les semences dans la direction du vent. Il est bon, pour faire cette manœuvre, que l'ouvrier soit monté sur une table.

Le CRIBLE débarrasse ensuite les graines des pierrailles et des autres corps gros que les mailles de la peau que cet instrument porte à son fond ne laissent pas passer.

On remplace avec avantage ce crible, surtout pour le froment, qui exige plus de soins et de propreté, par l'emploi de machines aujourd'hui généralement en usage. *Voyez* les articles TARARE, CRIBLE, où ce sujet a été traité. FR.

VANNE. (*Arts physiques.*) Lorsqu'on veut rester maître de distribuer à volonté les eaux d'un ruisseau, d'un étang, etc., on y pratique un barrage vers le milieu duquel on établit une baie que ferme une sorte de porte appelée *vanne*. On construit cet appareil de diverses manières; mais le plus ordinairement on fixe deux montans verticaux, à coulisses longitudinales, dans lesquelles on fait monter et descendre un assemblage en planches, qui est proprement la vanne dont nous traitons. Lorsqu'il s'agit de faire simplement des irrigations sur de faibles cours d'eau, comme on en trouve dans les prairies, cette vanne est si petite qu'elle n'exige aucun art particulier pour remplir sa destination. On se contente alors de soulever la vanne avec un levier en pied de biche, qui en saisit le bout par un anneau, et de la faire glisser dans ses deux coulisses; et lorsqu'on l'a élevée au degré voulu, on l'arrête dans cette position, en fichant un boulon ou une cheville dans cet anneau et dans l'un des trous pratiqués sur un montant vertical. On se représente si aisément cet appareil et toutes les modifications dont il est susceptible, qu'il serait superflu d'entrer dans plus de détails à cet égard. La vanne descend, par son seul poids, en glissant dans les rainures de deux poteaux latéraux, et ferme le passage à l'eau qui est arrêtée par le reste du barrage. (*Voyez* BATARDEAU.) Ou, si l'eau se fraie une voie par les fissures, et qu'on ait intérêt à s'y opposer, on garnit, chaque fois qu'on abaisse la vanne, tous les joints en amont avec de la terre, des herbes, etc. L'eau, ainsi retenue, doit d'ailleurs s'élever jusqu'à un niveau auquel on lui ménage une fuite par une voie de dégorgement.

C'est ainsi que sont construites la plupart des petites vannes, des *pertuis* et des *guichets* d'ÉCLUSES, pour vider un étang, retenir ou lâcher les eaux d'un fossé, d'un marais salant, etc. Mais lorsque la vanne est un peu étendue, il devient nécessaire, pour la monter, d'employer des moyens mécaniques proportionnés à la résistance, qui se compose du poids de la vanne et du frottement dans les coulisses. Ces machines varient selon les conditions.

Souvent on fixe en travers, en haut des montans à coulisse, une pièce de bois horizontale appelée ENTRETOISE ou *chapeau*, qui donne le point d'appui. Une grosse vis, en fer ou en bois, va mordre verticalement dans un écrou solidaire avec la vanne, et on tourne cette vis à l'aide d'un levier qu'on entre dans des trous en croix qui traversent la tête de l'arbre dépassant au dessus du chapeau. Si cette action n'est pas suffisante pour surmonter la résistance, on y pratique des engrenages mus par des MANIVELLES, une ROUE A TYMPAN, etc.; ou bien on se sert d'un système de treuils et de poulies, etc. *Voyez* l'Architecture hydraulique de Bélidor, tome 3, page 383. Ces divers appareils sont représentés, fig. 1, 2, 3, pl. 16 des Arts physiques.

On se sert aussi d'une CRÉMAILLÈRE fixée verticalement à la vanne, et on fait engrener les dents de cette crémaillère, à la manière d'un CRIC, avec celles d'un pignon mû par une manivelle. C'est ce procédé qui est le plus en usage pour le service des roues hydrauliques. *Voyez* fig. 7 et 9, pl. 53 des Arts mécaniques : la figure 8 représente une de ces machines appliquée à une vanne oblique. Les vannes de moulins doivent être placées à l'entrée du coursier, et donner l'eau avec l'abondance nécessaire à la résistance, par un pertuis ménagé immédiatement en face des aubes de la roue.

L'appareil mécanique doit être combiné de manière que la force dont on dispose puisse enlever facilement la vanne, il faut donc calculer d'abord cet effort de résistance; voici comment on s'y prend. La hauteur du niveau au dessus du seuil du pertuis, la longueur et la largeur de la vanne, sont les données du problème. On calcule la surface rectangulaire immergée; et, comme l'effort de la pression s'exerce au milieu de cette surface, on obtient la charge d'eau sur elle en multipliant cette surface, exprimée en décimètres carrés, par la moitié de la hauteur du niveau au dessus du seuil; le produit est la charge en kilogrammes. On

évaluera au tiers de ce nombre le frottement causé par la pression de la vanne contre les coulisses, et ce résultat, ajouté au poids de la vanne, exprimera le poids qu'on doit soulever, poids qui d'ailleurs va en décroissant à mesure que la vanne monte, parce que la pression de l'eau diminue de plus en plus.

Ainsi, supposons que la vanne ait 16 décimètres de large, et que la profondeur du seuil du pertuis soit de 27, la surface sera 416 décimètres carrés : multipliant par la demi-profondeur 13, on a 5408 kilogrammes par la pression de l'eau sur la vanne. Et d'abord on doit donner aux planches de la vanne une épaisseur et une solidité de construction qui lui permettent de résister à cet effort, sans se déformer. On ajoutera ensuite le poids de la vanne à 1470 kilogrammes, tiers de 5408, et on aura le poids qu'il faut enlever chaque fois qu'on veut monter la vanne. La résistance, en descendant, est 1470 kilogrammes moins le poids de la vanne ; aussi ce poids suffit-il ordinairement pour faire retomber la vanne et et fermer le pertuis.

Il est rare qu'on monte la vanne jusqu'au dessus du niveau, parce qu'il faut toujours perfectionner la dépense d'eau aux besoins qu'on veut satisfaire. Il est donc indispensable de calculer cette dépense par un orifice donné. Pour connaitre la force d'une chute, il faut évaluer la masse d'eau qui tombe et la vitesse qu'elle reçoit.

Si l'orifice d'écoulement est percé dans une paroi horizontale, et armé d'un AJUTAGE situé à la profondeur h au-dessous du niveau, la vitesse d'écoulement est $v = \sqrt{(2gh)}$, *voyez* ÉCOULEMENT, DÉPENSE, sauf la contraction de la VEINE FLUIDE. Mais ici le pertuis est une surface rectangulaire pratiquée dans une paroi verticale dont la largeur horizontale est l, c la hauteur verticale (comptée depuis le seuil du pertuis jusqu'à la base inférieure de la vanne), lc l'aire, h et h, les enfoncemens sous l'eau des deux bases horizontales de la baie. L'enfoncement du milieu, ou la distance au niveau de l'eau est $k = \frac{1}{2}(h + h')$. La théorie prouve que la vitesse moyenne du fluide jaillissant est exprimée par (1)

$$V = \frac{2}{3}\sqrt{(2g)} \cdot \left(\frac{h'^{\frac{3}{2}} - h^{\frac{3}{2}}}{c} \right),$$

et que la dépense du pertuis est, en une seconde de temps, $Q = A\,c\,l\sqrt{(2gk)}$.

Ici g représente 9m,81, double de l'espace décrit dans le vide pendant la première seconde de la CHUTE des corps graves ; A est une constante dont la valeur est donnée par la table suivante. On entre dans cette table avec la valeur que se trouve avoir, dans le cas proposé, la quantité $L = \frac{c}{2k} = \frac{h' - h}{h' + h}$. Et quand ce nombre tombe entre ceux de la table, on interpole. Les quantités l, c, h, h', sont exprimées en mètres, et le produit Q l'est en mètres cubes. (*Voy.* le Mémoire de M. Prony sur les eaux courantes, et l'Essai sur les moyens de conduire les eaux, par M. Genyès).

(1) La dépense du pertuis, réduit par la pensée à une simple ligne horizontale, est $\frac{2}{3}\sqrt{(2g)}\left(h'^{\frac{3}{2}} - h^{\frac{3}{2}}\right)$; si l'on supposait à tous les filets fluides la même vitesse V, on voit que le débit serait V $(h' - h)$: ainsi, cette vitesse V serait celle qui est donnée dans le texte. Multipliant par la largeur l du pertuis, on trouve pour la dépense en une seconde :

$$Q = \frac{2}{3}\,l\left(h'^{\frac{3}{2}} - h^{\frac{3}{2}}\right)\sqrt{2g}$$

$$= \frac{2}{3}\,lk\left(\frac{h'^{\frac{3}{2}} - h^{\frac{3}{2}}}{k^{\frac{3}{2}}}\right)\sqrt{2gk}$$

$$= \frac{2}{3}\,lk\left\{\left(1 + \frac{c}{2k}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(1 - \frac{c}{2k}\right)^{\frac{3}{2}}\right\}\sqrt{2gk}$$

En posant

$$A = \frac{2k}{3c}\left\{\left(1 + \frac{c}{2k}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(1 - \frac{c}{2k}\right)^{\frac{3}{2}}\right\},$$

on trouve la formule donnée ci-dessus. Notre table donne les valeurs de A toutes calculées, ainsi que leurs logarithmes.

L.	A.	Log. A.	L.	A.	Log. A.
0	1,00000	0.00000	0,5	0,98904	1.99521
0,1	0,99958	1.99982	0,6	0,98383	.99292
0,2	0,99332	.99927	0,7	0,97724	.99000
0,3	0,99619	.99834	0,8	0,96896	.98631
0,4	0,99312	.99700	0,9	0,95828	.98149
0,5	0,98904	.99521	1,0	0,94281	.97442

Il est donc bien facile de calculer la dépense Q d'un pertuis par seconde : bien entendu qu'il faut appliquer à ce résultat la correction due à la contraction de la VEINE FLUIDE. (*Voy.* ÉCOULEMENT.) Ainsi, par exemple, si le pertuis a pour dimensions $l = 1^m,024$, $c = 0^m,327$, et que les profondeurs d'enfoncement des bases horizontales soient $h' = 0^m,981$, $h = 0^m,654$, d'où $k = 0^m,8175$, on trouve $L = \frac{327}{1635} = 0,2$, $A = 0,99832$, et tout calcul fait $Q = 1^m,337$. Mais il faudra multiplier ce résultat par 0,62, pour avoir égard à la contraction; en sorte que la dépense du pertuis serait par seconde de 0,82894 mètres cubes, ou 828,94 décimètres cubes ou litres.

Dans les calculs précédens, l'eau coule *à pleins bords* par l'orifice quadrangulaire que laisse la vanne, en partie levée, entre sa base inférieure, le seuil du pertuis et les coulisses verticales, le tout à une certaine distance au-dessous du niveau. Mais lorsque la vanne est levée entièrement au-dessus de ce niveau, l'eau coule en *nappe*, et le calcul de la dépense se fait par la formule donnée à l'article RÉSERVOIR. *Voyez* au reste, sur toute cette matière, l'Hydraulique de Dubuat et les ouvrages cités. FR.

VANNIER. (*Technologie.*) On donne le nom de *vannier* à l'ouvrier qui fabrique avec de l'osier des paniers, et des corbeilles de toutes grandeurs et de toutes formes, propres à renfermer des substances sèches. L'osier est le bois qu'il emploie à tous ses ouvrages. Les objets grossiers sont fabriqués avec l'osier brut, c'est-à-dire couvert de sa peau. Les objets les plus recherchés sont construits avec l'osier rond, pelé et blanc.

Pour les petits ouvrages, les plus délicats, il fend l'osier rond en trois, quatre, cinq, six parties. Pour y parvenir facilement, il se sert d'un instrument qu'il appelle *fendoir*, qui est ordinairement en buis, pour le diviser en trois, et en fer pour le diviser en un plus grand nombre. Ce fendoir a sept à huit pouces de long; la tête est partagée en autant de parties qu'on veut avoir de divisions; elle présente une pointe dans son axe, entouré de rayons qu'on rend fort tranchans avec la lime. On enfonce la pointe dans le centre de l'osier, et en poussant l'outil avec une force suffisante, on divise le bois en autant de parties que l'instrument a de rayons.

Pour former des paniers avec ces divisions d'osier, on ne conserve que la partie solide du bois, celle qui touche l'écorce; et pour enlever le bois intérieur, qui n'aurait aucune solidité, on emploie un instrument semblable à celui qui sert au fabricant de Ros, qu'il nomme *filière*, que nous avons décrit t. IX, page 370. Dans le même article, on lira aussi, même page, la description du *fendoir* dont nous venons de parler, connu chez le fabricant de Ros sous le nom de *rosette*; c'est le même instrument.

Lorsque l'osier est fraîchement coupé, on peut l'employer sans le mouiller; mais, lorsqu'il est sec, on le couche par terre, on l'étale, et l'on jette de l'eau dessus avec la main. On le *bassine*, c'est le nom qu'on donne à cette opération; on le descend ensuite à la cave, où on le laisse par terre jusqu'à ce qu'il ait acquis la flexibilité nécessaire pour le travailler. L'osier fendu ou non fendu est *bassiné* avant de le travailler.

Pour faire les ouvrages de vannerie, quels qu'ils soient, le vannier, après avoir préparé l'osier qu'il y destine, fait la carcasse ou la charpente à claire-voie, avec de l'osier plus gros, et quelquefois des morceaux de bois travaillés; ensuite il remplit plus ou moins les intervalles par des osiers plus minces et plus flexibles; il les entrelace le plus proprement qu'il peut ou qu'exigent les ouvrages, et donne ainsi à ses pièces la solidité et la consistance qu'elles doivent avoir.

Les jolis ouvrages de vannerie que l'on vend à Paris dans tous les quartiers, sur les ponts, sur les boulevards, sur les places, sont fabriqués de la même manière, avec beaucoup d'art, de délicatesse et de propreté, dans des fabriques qui sont aux environs de Reims. L.

VAPEUR. (*Arts physiques.*) Tous les corps liquides, même le mercure, se résolvent en vapeur ; il ne faut que leur donner la quantité de chaleur nécessaire à ce changement d'état, quantité variable avec les diverses substances; et même, lorsque l'on n'ajoute pas cette chaleur par une action spéciale, la vaporisation ne s'en produit pas moins, parce que le calorique est fourni, soit par l'air ambiant, soit par les vases et les corps voisins, soit enfin par le liquide même. Aussi ces corps éprouvent-ils un refroidissement qu'on sait mesurer. Ces effets ayant été exposés à l'article ÉVAPORATION, nous nous bornons à les rappeler.

Comme la vapeur d'eau est à peu près la seule qui ait été employée dans les arts, il ne sera question ici que de ce sujet. Nous répèterons donc que :

1° Lorsqu'un vase est mis sur le feu, l'ÉBULLITION commence au point où la force élastique de la vapeur l'emporte sur la pression mesurée par le baromètre; que par conséquent l'eau bout à une plus basse température sur les hautes montagnes que dans les plaines; à la surface de l'eau, qu'au fond du vase qui le contient, fond qui porte le poids de la colonne liquide.

2° Lorsque l'air et la vapeur sont mêlés ensemble, chacun de ces gaz conserve sa force élastique propre ; ces tensions, calculées comme si l'une ou l'autre existait seule dans les mêmes circonstances, s'ajoutent, et la pression est la somme de leurs pressions particulières.

3° La force de la vapeur, ou sa tension, varie proportionnellement à la température, et en raison inverse de l'espace occupé par cette vapeur ; la loi est la même pour celle-ci que pour l'air sec.

4° La vapeur se forme dans l'espace; l'air n'y influe en rien, quelle qu'en soit la pression, si ce n'est qu'il en retarde le développement, surtout quand il est en repos; les courans d'air l'accélèrent au contraire en renouvelant l'espace. L'évaporation dans le vide est presque instantanée, et le liquide qui reste en éprouve un refroidissement qui peut aller jusqu'à le convertir en glace.

5° A une température et dans un espace donné, il ne se peut former qu'une quantité de vapeur fixe : l'eau qui reste conserve son état liquide. Si l'on diminue l'espace, la vapeur se résout en eau, pour qu'il n'en reste que la quantité convenable au volume et à la température. Cette vapeur liquéfiée abandonne tout le calorique qu'elle avait absorbé pour se changer en gaz. Ainsi la vapeur ne se laisse pas comprimer, dès qu'elle a atteint un certain degré de tension propre à sa température et à l'espace qu'elle occupe.

6° Si un espace est saturé de vapeur d'eau, il faut élever la température pour que l'eau puisse former de nouvelle vapeur, ou augmenter l'espace en dilatant le gaz. Tout espace qui ne contient pas la dose de vapeur propre à le saturer, eu égard à sa température, laisse de nouvelle eau se vaporiser : la pression de l'air retarde cet effet sans l'empêcher.

7° Le poids d'un volume de vapeur d'eau n'est que les cinq huitièmes de celui de l'air, sous même volume et même température. Un litre de vapeur d'eau pèse 0,81 grammes sous la pression de 760 millimètres et à 100 degrés, tandis qu'un litre d'air pèse 1, 3 grammes (1).

8° Il suit des expériences de MM. Clément et Désormes que, *sous une pression quelconque, et à toute température, l'eau absorbe* 550 *degrés centigrades dans son passage à l'état de vapeur.* Ainsi l'eau que nous voyons s'évaporer lentement à l'air libre, soit à l'ombre, soit au soleil, absorbe aussi bien cette quantité de chaleur, que l'eau que nous mettons sur le feu dans un vase; seulement le passage à l'état de vapeur marche avec plus de lenteur dans le premier cas. La quantité de chaleur qui fait passer un poids d'eau de 100 degrés à l'état de vapeur suffirait pour élever d'un seul degré un poids d'eau 550 fois plus grand. Cette chaleur est employée à conserver l'eau sous forme de gaz ; elle est *latente*, et on la retrouve en totalité lorsque ce gaz redevient eau.

9° L'eau ne bout qu'en surmontant la pression exercée à sa surface ; on voit le liquide bouillir à 84° environ au sommet du mont Blanc, parce que la pression atmo-

(1) Un litre de vapeur d'eau pèse 0,810258 grammes, et un litre d'air sec 1,299541 ; la température est ici supposée celle de la glace fondante, et la pression de 760 millimètres.

sphérique n'y est que de 417mm. Sous une pression de 30mm, l'eau bout à 30°, et sous la machine pneumatique, l'ébullition se fait à zéro. Les chaudières à haute pression ne laissent bouillir l'eau qu'à des températures plus ou moins élevées.

L'application de ces principes aux arts a été développée en divers endroits de notre Dictionnaire, et particulièrement aux articles Séchoir, Etuve, Sucre, Bière, etc.

A l'article Force, tome V, page 206, nous avons traité de la *force élastique* de la vapeur d'eau; l'application qu'on fait de cette force aux machines est d'une si haute importance, qu'il est indispensable de revenir sur ce sujet, et d'y ajouter les développemens convenables. Nous avons donné en cet endroit une table de ces tensions à différentes températures; les travaux récents de la commission choisie par l'Académie des Sciences, que M. Dulong a si puissamment aidée, et dont il a été le rapporteur (1), contiennent des détails du plus haut intérêt. Nous n'analyserons pas ce travail, qu'il faut lire en entier pour en comprendre toute la portée; mais nous en extrairons quelques résultats utiles aux arts, et particulièrement applicables aux machines à vapeur.

Tant que la vapeur d'eau ne s'élève pas au dessus de 100 degrés, elle ne produit qu'une pression qui ne dépasse pas celle de l'atmosphère, et est peu utile à la mécanique. Ce n'est donc qu'à une température supérieure qu'on l'emploie, et il convient de donner à la table citée plus de précision aux résultats, afin d'en bien apprécier la grandeur. Nous réformerons donc les nombres de cette table, à partir de 100 degrés centigrades, d'après le travail de M. Dulong. La première colonne de la table suivante donne la température en degrés du thermomètre centigrade; la deuxième, la force élastique de la vapeur exprimée en millimètres de mercure; la troisième, le poids en kilogrammes dont est chargé chaque centimètre carré de surface sous cette pression, poids qui est la force dont la tension de la vapeur est capable, et qui est l'élément essentiel de son emploi dans les machines; la quatrième est le poids en kilogrammes sur un pouce carré; la cinquième, le nombre des pressions atmosphériques correspondantes, dont chacune est mesurée par une colonne de mercure de 760 millimètres.

Table des forces élastiques de la vapeur à hautes pressions.

Température.	Pressions.	Poids sur un centi. car.	Poids sur 1 pou. carré.	Atmosphères.
°	mm.	k.	kil.	
100,00	760	1,033	. . . 7,566 . .	 1
112,40	1140	1,549	. . . 11,349 . .	. . . . 1 ½
121,55	1520	2,065	. . . 15,132 . .	 2
128,85	1900	2,581	. . . 18,915 . .	. . . . 2 ½
135,00	2280	3,098	. . . 22,698 . .	 3
140,35	2660	3,614	. . . 26,481 . .	. . . . 3 ½
144,95	3040	4,130	. . . 30,264 . .	 4
149,15	3420	4,646	. . . 34,049 . .	. . . . 4 ½
153,30	3890	5,162	. . . 37,830 . .	 5
156,70	4180	5,679	. . . 41,613 . .	. . . . 5 ½
160,00	4560	6,195	. . . 45,396 . .	 6
163,25	4940	6,711	. . . 49,179 . .	. . . . 6 ½
166,42	5320	7,228	. . . 52,962 . .	 7
172,13	6080	8,260	. . . 60,528 . .	 8
177,40	6840	9,293	. . . 68,094 . .	 9
182,00	7600	10,325	. . . 75,660 . .	 10

On voit, par exemple, dans cette table, que, pour obtenir une action de la vapeur équivalente à 4 atmosphères, il faut élever la vapeur d'eau à 145°,95 centigrades; que cette tension est capable de soutenir la colonne de mercure du baromètre à 3040 millimètres d'élévation dans le tube barométrique (*Voyez* Manomètre); que la chau-

(1) Rapport à l'Académie des Sciences, le 30 novembre 1829, *Annales de Chimie*, janvier 1830, T. XLIII, p. 74.

dière, les parois des vases qui contiennent cette vapeur, les soupapes de sûreté, les pistons des pompes, etc., sont chargés d'un poids de 4,13 kilogrammes sur chaque centimètre carré, ou de 30 kilogr., 264 sur chaque pouce carré de surface; et enfin que l'eau ne peut entrer en ébullition dans cette chaudière que lorsqu'elle a atteint à peu près 145 degrés de température.

Les physiciens se sont beaucoup occupés de chercher une formule qui reproduisit tous les nombres de cette table et pût en tenir lieu. Celle de M. Dulong, déduite d'une manière empirique des résultats de l'expérience, est

$$e = (1 + 0{,}007153.T)^5,$$

ou

$$T = 139{,}80(\sqrt[5]{e} - 1).$$

e désigne la force élastique de la vapeur exprimée en atmosphères, ou représentée par une colonne de mercure de 76 centimètres pour chaque unité; T est l'excès de la température centigrade sur 100 degrés; les poids sur un centimètre carré et sur un pouce carré s'en déduisent, en considérant que ces poids sont $1^{kil.}$, 033 et $7^{kil.}$, 750, pour un atmosphère, le pouce carré étant égal à 7,327822 centimètres carrés. Ainsi, en appliquant cette formule aux cas de

e = 8 atmos. on a	T = 72°,1	tempér. = 172°1
e = 10..........	T = 81,6........	181,6
e = 12..........	T = 90,0........	190,0
e = 24..........	T = 124,2........	224,2
e = 50..........	T = 165,89........	265,89

On a log. 0,007153 = 3,8544882,
log. 139,80 = 2,1455118.

MM. Coriolis et Tredgold ont aussi donné des équations qu'on peut ramener à la même forme que celle de M. Dulong, et qui n'en diffèrent que par les valeurs des coefficiens; et ces nombres, qu'on regarde comme constans pour toutes les expériences, ne doivent cependant pas l'être. La formule de M. Dulong ne représente pas les résultats avec exactitude, quand la température s'abaisse, et dès 115° elle conduit à quelques valeurs fautives. Le coefficient 0,007153 doit décroître à mesure qu'on approche de zéro degré. Le docteur Ure, M. Southern, Creighton, ont aussi trouvé des formules qui représentent plus ou moins imparfaitement la force expansive de la vapeur : ce sont des détails dans lesquels il ne nous est pas utile d'entrer ici; il nous suffit de nous arrêter aux expressions les plus exactes et les plus faciles à appliquer.

M. Roche a donné une relation très-simple, et qui s'accorde assez bien avec toutes les expériences connues. En désignant par *t* la température centigrade comptée de la glace fondante, par *h* la hauteur de la colonne de mercure, en millimètres, correspondante à la tension de la vapeur; par *e* le nombre d'atmosphères qui représente cette pression; on a

$$\log. h = 7{,}96481359 - \frac{50\,84}{700 + 3t},$$

$$\log. e = 5{,}004 - \frac{50\,84}{700 + 3t}.$$

Jusqu'ici aucune formule n'a réussi à représenter les faits avec exactitude; M. Biot en promet une qui remplit cette condition.

Maintenant qu'on connaît la puissance mécanique de la vapeur, il est facile de l'appliquer aux machines, et d'en calculer les effets, comme nous le dirons plus loin.

Nous avons vu, tome V, page 207, qu'un kilogramme de charbon ou de houille (ou 2 kilogrammes de bois), suffit, par sa combustion, pour réduire en vapeur 10,85 litres ou kilogrammes d'eau à zéro. Ce résultat, donné par des expériences de laboratoire, ne peut être rigoureusement appliqué en grand, à cause des pertes indispensables; et même, dans la pratique, il ne faut compter que sur 5 à 6 litres d'eau réduite en vapeur pour un kilog. de houille. Il résulte d'expériences précises qu'un kilogr. de charbon produit 7000 unités de chaleur; multipliant par 560, on trouve 3920 pour la puissance motrice de 1 kilogr. de charbon : or, il suit des résultats les plus avantageux qu'on ait obtenus en grand, qu'on n'a au plus que 195 unités; ce n'est donc que le 20e de la force motrice qu'on a pu utiliser, et même le plus souvent on perd beaucoup davantage.

La vaporisation se fait avec d'autant plus de rapidité que la surface chauffée a plus d'étendue : une surface en cuivre de 1 mètre carré, chauffée convenablement, peut convertir par heure 100 litres d'eau en vapeur, selon M. Pouillet; mais on ne compte guère que sur moitié de cet effet, et même moins encore. Le maximum de charbon consumé par un soufflet de forge ordinaire est de 2,39 kil. par minute. *Voyez* CHAUDIÈRE.

Le poids 1 de vapeur d'eau à 100° peut liquéfier $8\frac{2}{3}$ de glace à zéro; l'eau produite

est aussi à zéro, et la chaleur latente de la vapeur a été employée à opérer la fusion.

L'eau en se vaporisant occupe un volume 1693,55 fois plus grand (à très-peu près 1700 fois), à 100° et sous la pression de 760 millim. : ainsi un gramme de vapeur occupe 1,69355 litres et est produit par un centimètre cube d'eau à + 4 degrés.

Les vapeurs se dilatent selon la même loi que le gaz, c'est à dire de $\frac{3}{800}$, ou 0,00375 de leur volume à zéro, pour chaque degré centigrade. De zéro à 100 degrés le volume V devient 0,00375. V.

Le poids *a* d'eau réduite en vapeur à 100°, lorsque cette vapeur traverse un réservoir qui contient le poids P d'eau, en élève la température de *t* degrés centigrades; on a $P\,t = 550\,a$. A et P sont rapportés à la même unité. Ainsi, quand le liquide est à zéro, le poids *a* de vapeur doit l'élever à 100°, et le faire bouillir lorsque la masse d'eau est 5,5 *a*.

Un kilogramme de vapeur d'eau, en se condensant, abandonne 550 degrés centigrades de chaleur, ou élève de 1 degré une masse d'eau de 550 kilogr. Cette vapeur fait fondre 8,66 kilogr. de glace. Chaque kilogr. de vapeur abandonne 550 degrés de chaleur pour se résoudre en eau à 100 degrés; puis enfin, après s'être refroidie de ces 100 degrés, le liquide perd encore 75 degrés pour se durcir en glace.

Dans un litre ou décimètre cube d'espace, saturé, et à la température *t*, le poids de la vapeur d'eau contenue est, en grammes, $= 0,85496 + \frac{f}{800 + 3t}$ *f* étant la force élastique de la vapeur à *t* degrés, telle que la donne notre table, page 206, tome V, où la formule ci-dessus est exposée.

Si l'on désigne par D et D' les densités de la vapeur d'eau, la 1re à 100° et sous la pression de 760 mm, et la 2me à la température *t* et sous la pression *p*, on a cette relation (*voyez* la Physique de M. Pouillet, tome I, p. 335) :

$$D' = Dp.\frac{1,447368}{800 + 3t},$$

$$\text{ou } Dp = 0,7055\ D'\,(800 + 3t).$$

En donnant à *t* la valeur de la température centigrade, et à *p* celle de la tension maximum qui y correspond (en millimètres), on tirera de cette équation la densité de la vapeur au maximum de tension. On voit que les densités varient proportionnellement aux tensions.

Nous avons cru devoir exposer rapidement les propriétés physiques de la vapeur d'eau, sans reproduire les expériences qui les établissent, et qu'on trouve en divers lieux de cet ouvrage (*V*. ÉBULLITION, ÉVAPORATION, GAZ, FLUIDES, EAU, etc.). Cette introduction était nécessaire pour l'intelligence des effets et de la construction des machines à vapeur.

Il arrive souvent dans ces machines qu'on n'admet la vapeur dans le cylindre que pendant une partie de la course du piston, qui s'achève ensuite en laissant la vapeur se détendre peu à peu, à mesure que le piston descend. Le calcul de la force d'impulsion se fait alors en supposant que le piston est poussé par une *pression moyenne* entre toutes celles qui ont été exercées entre le commencement et la fin de la course.

Pour donner une idée de la manière de faire ce calcul, nous citerons le passage de la patente de Watt, où il cherche la pression moyenne sur un piston, quand la vapeur n'est introduite que pendant le quart ou le tiers de sa course, et se détend selon la loi de Mariotte.

INTERCEPTION AU QUART DE LA COURSE.	
Marche du piston de 5 en 5 centièmes.	Pression.
0,05. . . .	 1
0,10. . . .	 1
0,15. . . .	 1
0,20. . . .	 1
Quart 0,25. . . .	 1
0,30. . . .	 0,830
0,35. . . .	 0,714
0,40. . . .	 0,625
0,45. . . .	 0,556
Moitié 0,50. . . .	. . . . . 0,500 ou ½
0,55. . . .	 0,454
0,60. . . .	 0,417
0,65. . . .	 0,385
0,70. . . .	 0,357
0,75. . . .	. . . . . 0,333 ou ⅓
0,80. . . .	 0,312
0,85. . . .	 0,294
0,90. . . .	 0,278
0,95. . . .	 0,263
Fond 1,00. . . .	. . . . . 0,250 ou ¼
Somme.	. . . 11,568
Pression moyenne. . . .	0,578

INTERCEPTION AU TIERS DE LA COURSE.	
Marche du piston d'un 24ᵉ.	Pression.
1/24. . . .	 1
2.	 1
3.	 1
4.	 1
5.	 1
6.	 1
7.	 1
Tiers 8.	 1
9.	 0,889
10.	 0,800
11.	 0,727
12.	. . . . 0.667
13.	 0,615
14.	 0,571
15.	 0,533
16.	 0,500
17.	 0,471
18.	 0,444
19.	 0,421
20.	 0,400
21.	 0,381
22.	 0,364
23.	 0,348
24.	 0,333
Somme.	. . . 16,464
Pression moyenne. . . .	0,686

En divisant la somme, dans le premier cas, par 20, et dans le second, par 24, on trouve que, si l'on arrête l'émission de la vapeur de la chaudière au quart ou au tiers de la course, on peut supposer que la pression a été constante durant toute la course, et égale soit à 0,578, soit à 0,686 de la pression atmosphérique, pour chaque unité de pression de la vapeur de la chaudière.

Il résulte de là que la pression moyenne est plus de la moitié de la pression primitive, et qu'en employant que le quart du volume de la vapeur, on produit un effet de plus de moitié : en interceptant la vapeur, au tiers, la force moyenne est 0,686; enfin on trouve de même qu'elle est 0,823 quand on intercepte la moitié (1).

Mais la loi de Mariotte, sur laquelle cette table est fondée, n'est pas rigoureusement

---

(1) Soit divisée la course du piston en n parties égales; supposons qu'on interrompe l'entrée à la vapeur quand le piston a parcouru n' de ces parties, en sorte que $\frac{n'}{n}$ soit $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, etc., selon les diverses valeurs de n' et de n. Pendant les n' premiers pas du piston, les pressions sont toujours p, ce qui fait $n'p$ pour la somme. Dans les pas suivans, qui répondent aux divisions $n'+1$, $n'+2$, $n'+3$, ... les pressions s'affaiblissent et deviennent consécutivement $\frac{n'p}{n'+1}$, $\frac{n'p}{n'+2}$, etc.; car la loi de Mariotte donne les proportions $n'+1 : n' :: p : x'$, $n'+2 : n' :: p : x''$, etc. Ainsi, la somme de ces pressions successives pendant les n pas de course est

$$n'p + \frac{n'p}{n'+1} + \frac{n'p}{n'+2} + \ldots + \frac{n'p}{n}$$

Divisant par n, il vient pour la *pression moyenne*

$$= \frac{n'p}{n}\left(1 + \frac{1}{n'+1} + \frac{1}{n'+2} + \frac{1}{n'+3} \ldots + \frac{1}{n}\right)$$

Par exemple, quand on laisse entrer la vapeur jusqu'au milieu de la course, ainsi qu'on le fait ordinairement, et qu'on divise la longueur par 10, on a $n'=5$, $n=10$, et la pression moyenne

$$= \frac{1}{2}p\left(1 + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9} + \frac{1}{10}\right) = p \times 0,823.$$

applicable; le fluide élastique se refroidit par cela seul qu'on lui fait occuper un plus grand espace, et même une partie peut se condenser par l'abaissement de température : d'ailleurs, il faudrait avoir égard à la force nécessaire pour expulser la vapeur qui reste après la condensation, et qui est en quantité d'autant plus grande que l'extension du volume a été portée plus loin. Cependant le procédé de Watt est celui qu'on emploie ordinairement dans les calculs, parce qu'il est très-facile, et donne une approximation satisfaisante.

Les mécaniciens qui ont examiné ce sujet, ont exprimé par analyse les conditions de la question; nous ne pouvons donner ici que le résultat de leurs recherches, qu'on n'obtient que par des calculs trop élevés pour trouver place ici. MM. Navier, Coriolis, Prony, se sont accordés sur ce point, et on peut exprimer, selon ces savans, la pression moyenne due à la détente par la formule.

$$q = \frac{a}{k}(1 + 2,303 \log. h) - a.$$

q est la pression moyenne due à la vapeur qui arrive librement de la chaudière sous la tension a, l'une et l'autre exprimées en atmosphères (pression d'une colonne de 75 centimètres de mercure); a est la pression qui, par l'effet d'une condensation imparfaite, ou la perte de vapeur dans l'air, ou toute autre cause, s'exerce sur la base opposée du piston; enfin, on suppose que la vapeur arrive librement de la chaudière jusqu'à ce que le piston ait parcouru la k^e partie de la longueur du cylindre, et se détend dans le reste. Pour une détente au quart, au tiers ou à moitié, on trouve, par exemple, que la pression moyenne est respectivement 0,594, 0,699 et 846. *Voyez* les Leçons de M. Navier, à l'École des Ponts et Chaussées; un Opuscule de M. Prony sur ce sujet; le Traité des machines de M. Coriolis, et un Mémoire de M. Dufour, Bibliothèque universelle, févr. 1827. Fr.

Pour une force de 4 atmosphères, cette pression moyenne est de 3,292, c'est-à-dire qu'on admet que la pression de la vapeur est constante pendant toute la course, mais qu'elle n'est que de 3,292 au lieu de 4 atmosphères. La différence est peu considérable, quoiqu'on économise la moitié de la vapeur à chaque coup de piston. Pour plus de précision, il convient de diviser la course en un grand nombre de parties, ce qui conduit à la formule donnée plus bas dans le texte : le calcul du reste est facile.

VAPEUR (*Machine à*). L'immense utilité de la machine à vapeur, appelée aussi *pompe à feu*, la multitude des pièces qui la composent, les nombreuses modifications qu'on lui a fait subir, la diversité des effets qu'on lui a fait produire, l'importance, pour l'industrie, de savoir choisir celle de ces machines qu'on doit préférer pour la destination qu'on se propose, et plusieurs autres raisons d'un grand intérêt dans les arts, nous forceraient à donner à cet article une étendue considérable, si les limites qui nous sont imposées par la nature de notre Dictionnaire ne nous obligeaient de nous circonscrire dans le cercle des idées les plus vulgaires. C'est dans un traité spécial sur les machines à vapeur qu'on doit considérer ce sujet avec les développemens qu'il exige, et nous devons nous borner à décrire seulement les appareils les plus usités, et à en calculer les effets. On ne doit donc pas s'attendre à trouver dans un ouvrage tel que le nôtre, déjà très-étendu, des détails qui exigeraient plusieurs volumes pour être exposés et discutés avec soin.

Et d'abord nous ne parlerons qu'accidentellement des CHAUDIÈRES, des VOLANTS, des SOUPAPES, des ROBINETS, des POMPES et autres appareils qui ont fait les sujets d'articles distincts, auxquels nous renverrons le lecteur, nous bornant, pour abréger, à présenter ces parties dans leur ensemble, et à exposer leurs principales fonctions dans les différentes machines à vapeur usitées dans les arts. Nous ne parlerons même pas de ceux de ces appareils qui ont été abandonnés, à raison des défauts qu'on y a remarqués. Seulement, pour faciliter l'intelligence des perfectionnemens qu'on a successivement faits aux anciennes machines, nous en exposerons succinctement la forme et les fonctions.

Si l'on veut en croire la plupart des auteurs de la Grande-Bretagne, cette machine est anglaise, tant par son invention que par les divers perfectionnemens qu'elle a reçus. Cette opinion a été combattue avec succès, et désormais il n'est plus permis d'attribuer la découverte de la machine à vapeur au marquis de Worcester, et citer les noms de Savery, Newcomen, Beighton, comme les seuls qui l'aient appliquée à la mécanique. M. Arago, dans la Connaissance des Temps de 1829, a traité cette question avec la supériorité de son talent, et a montré la vérité que les préventions anglaises cherchaient à

obscurcir. Il a fait voir que Héron d'Alexandrie, 120 ans avant notre ère; Blasco de Garay, en 1543; Salomon de Caus, en 1615; et Branca, en 1629, avaient décrit les principaux effets de la vapeur, et imaginé des procédés pour l'employer comme force motrice, tandis que le marquis de Worcester, en 1663, dans son livre *Century of inventions*, ne s'était expliqué à ce sujet que dans des termes obscurs et sans utilité pour la science et l'industrie. *Voyez* l'Histoire des Machines à vapeur par *Hachette*, en 1830.

Mais c'est principalement à Papin, en 1690 et 1695, qu'on doit la description la plus méthodique et la plus claire de la pompe à feu, connue aujourd'hui sous le nom de *machine atmosphérique*. On en trouve la preuve dans un mémoire qu'il a publié en Allemagne. *Voyez* les Actes de Leipsick, 1688, et août 1690. Ce savant fit même exécuter un petit appareil dont le corps de pompe n'avait que deux pouces et demi de diamètre et ne pesait pas 5 onces : à chaque oscillation du piston, il élevait 60 livres de toute la hauteur de la course du piston descendant, en condensant la vapeur qui se trouvait au-dessous. Il avait même prévu qu'on pouvait tirer parti de la force du piston pour produire des effets mécaniques variés, en transformant en mouvement de rotation les alternations du piston; tandis que Savery et le marquis de Worcester ne présentaient la vapeur que comme des moyens d'épuisement de l'eau. D'ailleurs, les machines de ces derniers étaient tellement dispendieuses qu'elles ont été abandonnées, du moins telles que leurs auteurs les avaient imaginées. Enfin Papin a conçu la possibilité de se servir de la vapeur pour la navigation.

M. Arago conclut de ces faits que 1° Papin a imaginé la première machine à vapeur à piston; 2° Papin a vu le premier que la vapeur d'eau fournit un moyen simple de faire le vide rapidement dans la capacité d'un corps de pompe; 3° il est le premier qui ait songé à combiner, dans une même machine à feu, l'action de la force élastique de la vapeur, avec la propriété dont cette vapeur jouit, et qu'il a signalée, de se condenser par refroidissement.

Quant à la machine de Savery, nous n'en dirons rien parce qu'elle est absolument abandonnée. Agissant par la vapeur élevée à 5 et 6 atmosphères sur la surface même de l'eau qu'elle pressait pour l'élever, il en résultait une immense déperdition de vapeur par condensation, et une médiocre ascension de l'eau. De plus, la nécessité de refroidir la capacité qui recevait la vapeur, en y répandant au-dehors de ce vase un jet d'eau froide, accroissait encore les pertes; d'où résultait que cet appareil ne pouvait être en usage, comme le pensait l'auteur, pour l'épuisement des mines, et se bornait à distribuer l'eau dans les diverses parties des maisons de plaisance, des parcs et des jardins; encore le procédé n'était-il praticable que quand on ne devait élever ce liquide que d'une quarantaine de pieds, effet qu'on n'obtenait qu'à grands frais. Du reste, la machine de Savery est réellement la première qui ait été exécutée en grand, et ait fait servir la vapeur à l'ascension de l'eau.

Machine atmosphérique de Newcomen.

Deux simples ouvriers, Newcomen et Cawley, s'associèrent ensemble à Darmouth, et conduisirent une pompe à feu qui a rendu de grands services pour les épuisemens des mines, et qui est même encore employée à cet usage dans les lieux où la houille est à bon compte. Cette machine, qu'on a longtemps vu fonctionner à Chaillot, où elle avait été établie par les frères Périer, est la première dont on ait tiré un parti avantageux. Nous ne pouvons nous dispenser de la décrire, d'autant plus qu'elle présente l'action de la vapeur dans un tel état de simplicité, que rien n'est plus facile à concevoir, et que cette description nous servira d'introduction pour l'étude des autres machines à feu.

Du reste, la machine de Newcomen n'est évidemment que l'exécution de celle que Papin avait inventée et décrite, et dont, par conséquent, ce savant Français doit avoir tout le mérite, quoiqu'il ne l'ait pas mise en œuvre et fait fonctionner en grand. Le refroidissement dont il se servait pour condenser la vapeur se faisait d'abord par un jet d'eau froide, qui mouillait le cylindre en-dehors; mais depuis on a imaginé d'obtenir le même effet par un jet intérieur. C'est ce dernier état de choses que nous allons considérer dans cet appareil.

Nous savons qu'un piston qui entre hermétiquement dans le cylindre d'une pompe, lorsque le vide est fait en-dessous, est pressé par-dessus de tout le poids de l'atmosphère, et que cette force est d'un kilogramme à

peu près, qu'on poserait sur chaque centimètre carré de sa surface. C'est sur cette propriété qu'est fondée la machine.

La fig. 1, pl. 65, des Arts mécaniques, représente la machine atmosphérique dans toute sa simplicité ; nous verrons plus tard les améliorations qu'on lui a fait subir. L V L est un balancier tournant autour de l'axe fixe U en son milieu ; chaque extrémité est façonnée en secteur circulaire, sur lequel s'applique une chaîne. Chacune de ces chaînes est attachée au bout de la tige d'un piston, savoir : l'une *mm* qui est destinée à manœuvrer une pompe aspirante et à monter l'eau d'un puits ; l'autre, *a*, à mouvoir le piston P B de la machine à vapeur. On conçoit que si ce piston P est en haut du cylindre B *c*, et qu'on produise le vide exact en-dessous, l'atmosphère pressera ce piston et le fera descendre, comme si l'on eût attaché à sa tige *a* un poids d'autant de kilogrammes que la section circulaire (1) du cylindre B P contient de centimètres carrés. Cette force fera donc basculer le levier L L ; la tige *mm* du piston de pompe montera, si la résistance à vaincre n'excède pas le poids dont on vient de parler, diminué des frottemens : ce sera donc un moyen d'élever l'eau du puits I.

La chaudière S*f* contient l'eau, qu'on réduit en vapeur par l'action du foyer A : on y remarque en *r s t* une Soupape de sureté (*voyez* cet article). Cette chaudière communique par le tuyau *q* avec l'intérieur B P du cylindre vers sa partie inférieure lorsqu'on ouvre le robinet *q* ; la vapeur s'élance alors sous le piston. On ferme ce robinet, puis on ouvre un second robinet *e* qui permet à l'eau froide contenue dans la bache *i* de jaillir dans le cylindre B P. Cette eau condense la vapeur ; le vide se produit donc. C'est alors que le piston P, pressé par l'atmosphère, descend au fond du cylindre ; tandis que l'eau du jet et celle qui provient de la condensation tombent dans la bache. Le tube de descente plonge au fond de cette bache, et le liquide y fait fonction de soupape pour empêcher l'air de s'y introduire.

Dès que le piston est arrivé au fond du cylindre, on ferme le robinet *e*, puis on ouvre le robinet *q* : la vapeur, qui arrive sous le piston P, alors au bas de sa course, étant à la même tension que l'air atmosphérique, le piston a ses deux surfaces également pressées ; il resterait donc en repos, si on ne le faisait remonter à l'aide d'un contrepoids *o* attaché à la tige *m*, pour vaincre les frottemens des deux pistons et du balancier. C'est, au reste, ce qu'on peut produire aussi en donnant à la vapeur de la chaudière une tension un peu supérieure à celle de l'atmosphère. On charge alors la soupape de sûreté *r s t* d'un poids d'un à deux hectogrammes par centimètre carré de sa surface, pour que la vapeur soit retenue, tant que sa tension ne dépasse pas cette force.

Maintenant que le piston est revenu en haut de sa course, on recommence la même manœuvre de robinets, c'est-à-dire qu'on ferme *q* et qu'on ouvre *e*, la vapeur se condense, le vide se produit, le piston P redescend, la tige *mm* remonte, et l'eau intérieure tombe dans la bache *h*. On ferme *e*, on ouvre *q* ; le piston remonte en faisant descendre la tige *mm*. Cet effet se continue indéfiniment.

Divers perfectionnemens ont été apportés à cette machine ; la fig. 2 montrera les principaux. La chaudière est en *k*, sur le foyer I. Comme il est important de connaître l'état du niveau dans l'intérieur, on a deux *tubes jaugeurs* G, G′ fermés de robinets ; l'un de ces tubes plonge plus profondément que l'autre. Si en ouvrant le robinet G on ne voit sortir que de la vapeur, et que de l'eau quand G′ est ouvert, le niveau est entre les deux orifices inférieurs des tubes, et on reconnaît qu'il y a trop ou trop peu d'eau dans la chaudière, selon qu'on voit arriver l'eau par G, ou la vapeur par G′. L'ouvrier qui dirige la machine s'assure de temps à autre de l'état du niveau, pour l'amener au degré voulu. Nous dirons bientôt comment on alimente la chaudière du liquide que l'évaporation lui enlève ; en un mot, il faut que le tube inférieur G′ plonge par en bas dans l'eau, et que le supérieur G plonge dans la *chambre à vapeur*.

P F est le cylindre où le piston P est supposé en haut de sa course ; la vapeur y arrive par le conduit S, en ouvrant le robinet H qu'on referme de suite. On ouvre alors le robinet Q, et l'eau froide, contenue dans la bache N, condense la vapeur ; le piston P descend alors, fait tourner le balancier A B, et monte la tige D de la pompe d'épuisement Z. L'eau d'injection s'écoule, mêlée à celle de condensation, dans la bache

(1) Pour avoir la surface de cette section, évaluez son diamètre en centimètres, faites-en le carré, et multipliez par 0,7854, ou par $\frac{11}{14}$. *Voyez* Cercle.

L. On ferme le robinet Q, on ouvre H, et la vapeur rentre dans le cylindre, parce que le contre-poids D fait remonter le piston; et ainsi de suite.

L'ouvrier qui préside à la manœuvre doit donc rouvrir le robinet H toutes les fois que le piston P et au bas du cylindre, mais après avoir fermé le robinet Q, pour arrêter le jet d'eau condensante, laquelle jaillit en petite gerbe par un ajutage très fin; il doit au contraire ouvrir le robinet Q, et fermer le robinet H aussitôt que le piston est remonté en haut de sa course. L'ouvrier doit aussi veiller à soutenir le feu de manière à conserver la vapeur au degré de tension voulue, sans le pousser au point où la vapeur soulèverait la soupape V, et irait se dissiper en pure perte dans l'air. Enfin, il doit s'assurer que le niveau de l'eau de la chaudière reste au même point, en essayant les robinets G et G′ dont le supérieur ne doit donner que de la vapeur, et l'inférieur que de l'eau.

Quant à la manière dont la chadière K, les baches N et L sont alimentées, un tuyau communique de L à K, et est fermé par le robinet T, qu'on ouvre pour faire descendre, lorsqu'on le trouve nécessaire, de l'eau dans la chaudière; et cette eau provenant en partie de la condensation est déjà chaude, ce qui en rend l'ébullition facile. Un autre tuyau communique avec la bache N, qui est alimentée par une petite pompe O attachée au même balancier A B. Enfin, quand on observe que la bache L se vide de manière à ne pas suffire à l'alimentation de la chaudière, on la remplit à l'aide d'un tuyau en siphon, qui va puiser dans une bache N l'eau qu'on y fait descendre par le robinet M.

Toutes ces fonctions exigent des soins et une attention extrêmes; mais on peut les éviter, du moins en grande partie. Un ouvrier, nommé Potter, pour favoriser sa paresse, imagina d'attacher avec des ficelles la tige du piston avec les béquilles des robinets, de manière que cette tige faisait d'elle-même la fermeture et l'ouverture, avec même plus de précision que l'ouvrier le plus attentif. Cette invention a depuis été perfectionnée par Beighton, et nous y reviendrons. Actuellement on ne confie plus à personne le soin d'ouvrir et de fermer les robinets. Il en faut dire autant de l'alimentation de la chaudière et des baches, parce que toutes les consommations sont calculées d'avance, et qu'on sait quel est le poids d'eau et de vapeur dépensé dans un temps donné.

Lorsqu'on veut faire marcher cette machine, on allume le feu, et quand l'eau de la chaudière bout, comme le piston est en haut de sa course, on laisse entrer la vapeur dans le cylindre F. Cette vapeur échauffe d'abord la masse et se condense; mais bientôt elle conserve son état, et se mêle à l'air contenu dans le cylindre: la vapeur et l'air échauffé, ayant une force plus grande que celle de l'atmosphère, soulèvent une soupape appelée *reniflante*, à cause du bruit particulier que font entendre les gaz qui s'échappent. Dès que tout l'air est expulsé et le cylindre rempli de vapeur d'eau, la machine entre en fonction, ainsi qu'il a été expliqué.

Cette machine est très simple; elle fonctionne à basse pression, et ne donne lieu à aucune rupture ni dégradation. Cependant elle n'est plus guère en usage, depuis que ces sortes d'appareils ont été si avantageusement perfectionnés. La pression d'un kilogramme par centimètre carré doit être réduite à environ moitié, tant à raison des frottemens que parce que l'eau chaude, résultant de la condensation dans le cylindre, n'étant pas soumise à la pression atmosphérique, produit une vapeur qui résiste à la descente du cylindre. On sait, en effet, que, dans le vide, l'eau bout à très basse température, et que par conséquent le vide est toujours très imparfait dans le condenseur et sous le piston. Ainsi, pour calculer l'effet utile de cette machine, il faut prendre la moitié de l'aire de section du cylindre pour le nombre de kilogrammes qui abaissent le piston, en sorte que la force dépend de l'étendue de cette aire. Ensuite on multiplie par la course du piston en mètres, pour avoir le nombre de kilogrammes élevés à 1 mètre à chaque va-et-vient.

Machine à simple effet de Watt.

Les ingénieuses recherches de Watt se sont portées sur toutes les parties de la machine à vapeur; et, dans sa longue et utile carrière, il a élevé cet appareil à un tel degré de perfection qu'on peut, à juste titre, lui rapporter le principal mérite d'invention, et dire qui l'a fait fonctionner avec la précision d'un chronomètre. Ses machines marchent seules, sans autre secours que celui du chauffeur qui alimente le feu, et avec une régularité jusqu'à lui sans exemple;

et les artistes qui, depuis, ont voulu les améliorer n'ont pu avoir en vue que l'économie du combustible ou des dépenses d'établissement et de réparations. Cette machine est représentée pl. 65, fig. 3 ; on a seulement donné aux parties une disposition convenable pour faciliter la démonstration.

Remarquant qu'un des défauts les plus frappans de la machine de Newcomen est de refroidir le cylindre par l'eau d'injection, ce qui entraînait la conséquence de le réchauffer à chaque oscillation par de la vapeur, aux dépens du combustible, Watt conçut l'heureuse idée de condenser dans un vase séparé, qu'il a appelé *condenseur*, et même d'envelopper le cylindre d'un corps mauvais conducteur, pour conserver la chaleur et maintenir la température au même degré que la vapeur de la chaudière.

Il est inutile de décrire toutes les pièces de la machine qui ressemblent à celles de Newcomen ; bornons-nous à celles que Watt a changées ou modifiées. C (fig. 3, pl. 65) est le cylindre dans lequel se meut le piston P; S, le conduit par lequel la vapeur arrive de la chaudière; A T T', un tuyau qui sert à l'introduction de la vapeur, et qui est pourvu de trois soupapes A H A', dont nous indiquerons bientôt l'usage ; D, le *condenseur*, vase séparé dans lequel se fait la condensation de la vapeur lorsqu'un jet d'eau froide est lancé par le tube E à pomme d'arrosoir. Ce vase est plongé dans un réservoir alimentaire d'eau froide M E, afin de le refroidir, et d'arrêter en partie la formation de la vapeur.

Pour comprendre le jeu des pièces, il faut remarquer que 1° la tige du piston P coule dans une boîte à étoupes B constamment graissée de suif et de cire ; cette boîte est vissée en haut du cylindre, de manière à intercepter toute communication avec l'air extérieur. C'est la pression de la vapeur même qui remplace celle de l'atmosphère, à laquelle elle est égale et même un peu supérieure. Watt a reconnu que l'accès de l'air refroidissait le cylindre quand le piston était au bas, et qu'il en résultait une perte de vapeur condensée qui coûtait du combustible : aussi doublait-il le cylindre C d'une enveloppe, et faisait-il arriver de la vapeur entre les deux cylindres pour maintenir la température intérieure.

2°. Lorsque la soupape A est ouverte, les soupapes inférieures H et A son fermées, et le piston est en haut de sa course, de manière que la vapeur arrive en dessus du piston, et le force à descendre, par la pression qu'elle exerce quand le vide est produit en dessous.

3°. Si la soupape A se ferme et que H s'ouvre, la vapeur arrive sur les deux faces du piston, et les presse avec la même force, le piston est au bas de sa course, et la vapeur, qui ne peut plus venir de la chaudière, est répandue dans tout l'espace compris en dessus, en dessous du piston, et dans le tuyau T.

4°. Si la soupape H se ferme lorsque le piston est ramené en haut du cylindre, qui alors se trouve rempli de vapeur sous ce piston, et que la soupape A' se lève ; cette vapeur se précipite dans le condenseur D, où l'injection d'eau froide la résout en eau, et le vide est produit dans la capacité C du cylindre sous le piston. Par cette disposition, le cylindre n'est plus refroidi, ni par l'air ambiant, ni par le jet de condensation.

Il est maintenant facile de concevoir l'effet de la machine. Le piston P est en haut, et le vide existe au dessous; la vapeur arrivant au dessus par le conduit S, la soupape A se trouvant levée, presse de toute sa tension le piston, et le fait descendre comme faisait l'air atmosphérique dans la machine de Newcomen, c'est-à-dire avec une force d'un kilogramme par centimètre carré, qui est calculée pour enlever la colonne d'eau de la pompe d'épuisement R Z, et surmonter les autres résistances.

Le piston arrivé en bas de sa course, la soupape A se ferme, et H s'ouvre; la vapeur communique par le tube T sur les deux faces du piston, qui sont alors également pressées ; il remonte par l'action du contrepoids R qui est réglé pour surmonter les frottemens. La vapeur est ainsi refoulée en haut, et arrive en totalité sous le piston par le tuyau T et l'orifice H. Cet orifice se ferme ; la soupape A' se lève, et le jet d'eau froide E condense la vapeur qui se précipite dans le condenseur D. Ainsi, le vide a lieu sous le piston et dans tout l'espace T' D ; puis la soupape A' se ferme, A se lève ; la vapeur arrive de la chaudière en dessus du piston, et les effets se reproduisent dans le même ordre.

Comme l'eau de la chaudière contient de l'air qui se mêle à la vapeur et arrive au condenseur, cet air, aussi bien que l'eau de condensation, seraient un obstacle à la

reproduction des effets, si on n'enlevait pas ces deux fluides. C'est ce qu'on fait par la *pompe à air* N Q, dont la tige est attachée en N au milieu du bras antérieur du balancier : cette pompe soutire l'air et l'eau du condenseur, en soulevant la soupape M, quand son piston monte, et donne issue à l'air quand il redescend, parce que cet air lève une soupape qui le garnit, et s'ouvre de bas en haut, ne permettant pas à l'air extérieur d'entrer sous le piston. Cette pompe chasse aussi l'eau qui va couler dans la bache B. Cette eau chaude est reportée dans la chaudière pour en réparer les pertes, à l'aide de la *pompe à eau chaude* O, dont la tige est attachée près du centre du balancier. Quant à la *pompe à eau froide* L, elle sert à alimenter le réservoir E, qui fournit l'injection.

Les trois soupapes A H A′ sont manœuvrées par la tige N Q de la pompe à air; des *taquets* fixés à cette tige au point précis qui est reconnu convenable, attaquent, chacun à l'instant nécessaire, la queue d'un levier G′ H′ I′, ainsi que le robinet E d'injection; de manière que chaque fonction s'exerce à son tour au moment voulu. Les trois soupapes inférieures ne s'ouvrent que quand la supérieure A est close, et réciproquement les premières sont fermées quand celle-ci est ouverte.

On avait remarqué que, vers la fin de la descente du piston, le mouvement était trop rapide, parce que la pression de la vapeur, s'exerçant continuellement, communiquait une vitesse accélérée : la marche lente, dans les premiers instans, allait toujours en croissant, jusqu'à ce qu'arrivé en bas, le piston se trouvait avoir acquis sa plus grande vitesse. Il en résultait une trépidation qui était une force perdue et destructive de la machine; Watt a rendu la vitesse uniforme en interrompant l'entrée de la vapeur, dès que le piston avait opéré les deux tiers ou la moitié de sa marche, ou même moins encore; dans le reste de la course, la vapeur enfermée dans cet espace n'agissait plus qu'en se détendant. C'est ce qu'on a appelé *machine à détente de vapeur :* elle économise beaucoup les frais, et rend la marche du piston uniforme, parce qu'une fois mis en mouvement par deux tiers du volume de vapeur, la force expansive va ensuite en diminuant, à mesure que l'espace augmente.

Tels sont les procédés qui ont amené la machine à vapeur à ce degré de perfection qui a procuré à Watt une si grande illustration et une si belle fortune. Associé avec Boulton, riche capitaliste, il fit fabriquer de ces machines, et il n'exigeait d'autre paiement que le tiers de la somme dont elles procuraient l'économie sur les machines de Newcomen. Mais il ne se borna pas à obtenir des épuisemens, et, par d'autres belles inventions, il appliqua la vapeur, par des transformations de mouvemens, à donner à tout arbre tournant la vitesse et la force propres à animer les ateliers de tout genre, ainsi que nous le dirons bientôt.

Plus de 1200 mille francs furent d'abord mis dans cette entreprise avant qu'on en ait retiré le moindre bénéfice; mais les faits parlèrent si haut, les avantages se présentèrent avec tant d'évidence, que les succès ne furent plus douteux.

Pour changer le mouvement alternatif du balancier en celui de rotation d'un arbre de couche, il suffira d'attacher à l'extrémité H (fig. 4) une forte bielle H I, saisissant en I l'extrémité du bras d'une manivelle K I. Les axes H et I des deux bouts de la bielle auront un ajustement propre à la rotation, et l'arbre de couche K sera armé d'un volant, dont la masse sera combinée pour surmonter le *temps mort de la manivelle*. Quoique Washborough ait été brévété en Angleterre pour l'invention de ce mécanisme, il est bien constaté que c'est Watt qui l'avait imaginé le premier, et que, pour éviter les ennuis d'un procès, il avait préféré attendre l'expiration de ce brevet avant d'en pratiquer le mécanisme. Un autre appareil très-ingénieux, mais moins bon, et aujourd'hui abandonné, lui en tint lieu dans l'intervalle. Nous ne décrirons pas ce dernier, qui n'a plus aucun intérêt.

La machine est dite à *simple effet*, comme celle de Newcomen, parce que la force ne s'exerce que quand le piston descend; car, lorsqu'il remonte, il n'est pas possible d'employer ce mouvement comme puissance motrice. Il convient même d'évider le volant de manière que la partie la plus pesante de sa masse retombe pendant l'ascension du piston.

Quand on veut commencer à mettre la machine en mouvement, il faut ouvrir les trois soupapes A H A′, pour échauffer tout l'appareil, le remplir de vapeur, venant par le conduit S de la chaudière bouillante, de manière à chasser une grande partie de l'air, comme il a déjà été dit. Puis on condense

la vapeur de D, après avoir fermé la soupape A, le piston étant en haut du cylindre. La machine entre en action, et les mouvemens alternatifs se continuent.

Machine à double effet de Watt.

L'appareil qu'on vient de décrire a tous les défauts des machines intermittentes, puisque la force motrice n'agit que lorsque le piston descend. De plus, le contre-poids R qui relevait le piston, n'est remonté par la pression en-dessus, qu'en absorbant une partie de la puissance; et si le frottement a été vaincu gratuitement dans un cas, il est doublé dans l'autre. La nécessité d'évider le volant pour que son poids fût plus fort pendant la partie de sa révolution où la force cesse d'agir, est encore un inconvénient, lorsqu'on destine la machine à produire un mouvement de rotation, parce qu'il importe que l'action soit uniforme. *V.* Volant.

Watt imagina de faire presser alternativement la vapeur en-dessus et en-dessous du piston, et par conséquent de condenser tour à tour celle qui arrive tant d'un côté que de l'autre; c'est ce qu'il a obtenu par une injection constante d'eau froide dans le condenseur. La fig. 1, pl. 66, représente la machine à double effet.

Le conduit S, qui amène la vapeur de la chaudière, le cylindre C, le piston P, la boite à étoupes B, dans laquelle glisse la tige du piston, le condenseur D, le tuyau E d'injection, la bache B′ à eau chaude, la pompe à air N Q, les pompes H′ et L à eau chaude et à eau froide, sont absolument de même que dans la machine à simple effet, et remplissent les mêmes fonctions. Mais le tube à soupapes a une toute autre disposition. Il y a deux soupapes A′ B′ en haut, et deux C′ D′ en bas. Quand le piston est en haut de sa course, A′ et D′ sont ouvertes : par A′ la vapeur passe au-dessus du piston sans pouvoir aller au-dessous, parce que la soupape B′ est fermée et s'oppose au passage; tandis que la vapeur, qui remplit le cylindre C′, se précipite dans le condenseur par la soupape D′, sans pouvoir remonter, attendu que la soupape C′ est fermée : ainsi le piston n'est pressé qu'en dessus, et est forcé de descendre. Lorsqu'au contraire le piston est en bas du cylindre, les soupapes A′ et D′ se ferment; B′ et C′ s'ouvrent : la vapeur qui remplit le cylindre au-dessus du piston, s'écoule par B′ dans le condenseur, et d'autre vapeur arrive sous le cylindre par C′ qui est ouvert. Le piston n'est donc plus pressé que par dessous, et doit remonter.

Ainsi, le piston est alternativement poussé par la vapeur de haut en bas, et de bas en haut, tandis que le vide est produit du côté opposé par la condensation de la vapeur qui a trouvé une fuite facile dans le condenseur, où l'injection est constante. On dépense, il est vrai, deux fois plus de vapeur, mais aussi la force motrice s'exerce tant en montant qu'en descendant; on fait double ouvrage. C'est comme si, pour accomplir une tâche, on y employait deux ouvriers au lieu d'un seul, sous la condition de les employer moitié moins de temps : il n'y a plus ici d'intermittence.

Mais on ne pouvait plus faire porter la tige du piston par une chaine, parce qu'en remontant, la force motrice ne se serait plus transmise; on n'avait plus besoin de contre-poids pour remonter le piston; et comme dans ses alternations de mouvemens la tige du piston devait rester verticale, on ne pouvait pas la fixer au bout du balancier, qui, décrivant un arc de cercle, aurait penché cette tige tantôt à droite, tantôt à gauche.

C'est pour éviter cette difficulté que Watt a imaginé l'appareil que nous avons décrit à l'article Parallélogramme, et qu'on voit représenté, fig. 1, en A B G E D. Les articulations des extrémités de ces cinq tiges sont faites par des boulons ou axes de rotation; l'extrémité D est attachée à quelque point solide et fixe; les tiges du piston et de la pompe à air sont attachées en G et E, en supposant A B = B C = G E, et A G = B E. Il en résulte que, dans toutes les positions du balancier et les valeurs angulaires correspondantes des directions des barres AG, GE, EB, ED, la tige du piston et celle de la pompe à air sont toujours verticales, leurs vitesses étant moitié l'une de l'autre. (*V.* la pl. 8, fig. 12 des *Arts de calcul.*)

La fig. 1, pl. 66, montre comment la bielle H I est articulée au bout postérieur H du balancier, et au bras I de la manivelle I K; comment elle imprime à un arbre de couche, dont K est la section, une vitesse de rotation que rend uniforme le volant massif V qui est solidaire avec lui (*V.* Volant), en restituant sa puissance dans les temps morts de la manivelle.

Mais pour que la rotation soit uniforme, il faut que l'émission de la vapeur soit constante, et que la résistance ne change pas.

Si la vapeur arrive avec plus de force, le mouvement du piston devient plus rapide, et la vitesse de rotation de l'arbre et du volant est accrue; le contraire arrive quand l'émission de la vapeur est diminuée. Quand la résistance à vaincre est augmentée, et que la vapeur arrive avec uniformité, la vitesse de rotation doit diminuer, comme elle augmentera si la résistance s'affaiblit. Ainsi, pour assurer l'uniformité du mouvement, il faut proportionner l'émission de la vapeur à la résistance, en sorte que la vapeur arrive au cylindre avec plus d'abondance lorsque la résistance éprouve la plus légère augmentation. C'est ce que Watt a obtenu de l'appareil Q Q N L N, que nous avons décrit à l'article Régulateur, et qu'on appelle aussi *modérateur*. (*V*. fig. 11, pl. 52.)

On introduit dans le conduit qui va de la chaudière au cylindre une plaque circulaire et mince, semblable aux *clefs* de nos poêles. Quand cette plaque, qui pirouette sur son diamètre, se place transversalement et en diaphragme, elle bouche entièrement le passage à la vapeur, tandis que, dirigée dans le sens de l'axe du tuyau, elle ne l'arrête nullement. Cette plaque est mue par un levier, et elle s'oppose plus ou moins à l'affluence de la vapeur, selon la direction qu'elle reçoit dans le tuyau. Ainsi, on peut mesurer, pour ainsi dire, la quantité de vapeur introduite dans le cylindre.

D'abord on confiait à un ouvrier le soin de tourner cette plaque plus ou moins, de manière à procurer une vitesse constante de rotation au volant; mais, outre que ce moyen était très-peu réglé, il exigeait l'emploi d'un homme intelligent. C'est à la machine même que Watt a donné cette fonction. La corde sans fin qui s'enroule sur la poulie M et sur l'arbre de couche K fait tourner la tige verticale L du régulateur, et les boules pesantes N N participent à cette rotation. Comme ces boules sont fixées au bout de leviers N O Q, qui ont leur axe en O, la force centrifuge les écarte plus ou moins de la tige L. Le tuyau R est abaissé ou élevé par cette action des leviers, et ce mouvement est transmis à la plaque T par le secours du levier V R, dont l'axe de rotation est en S′. Ainsi, quand le volant tourne trop vite, à l'instant les boules NN s'écartent, tirent en bas le levier R S′, élèvent au contraire l'extrémité V, ce qui donne à la plaque une position qui modère la quantité de vapeur admise.

C'est en 1782 que Watt mit en pratique toutes ces belles inventions, dont les plus petits détails sont importans, et dont les accessoires mêmes sont tellement combinés, que l'appareil semble se suffire à lui-même, et communique la vie et le mouvement à toute espèce de manufacture, depuis la filature du fil le plus fin ou le tissage le plus délicat, jusqu'au transport des masses les plus lourdes et au travail le plus rebutant et le plus pénible.

Soupapes. Quoique nous ayons fait un article sur les soupapes, celles des machines à vapeur doivent être tellement appropriées à ce genre d'appareil, que nous devons revenir sur ce sujet, et en indiquer les formes et les fonctions.

Nous avons dit que les deux soupapes A′ et D′ s'ouvraient et se fermaient ensemble (fig. 1), et qu'il en fallait dire autant des soupapes B′ et C′; mais que celles-là étaient ouvertes quand le piston était en haut de sa course et descendait, tandis que c'était le contraire pour les dernières, qui ne s'ouvraient que quand le piston était arrivé en bas du cylindre et remontait. Les fig. 5 et 6, pl. 65, représentent ces deux états et le mécanisme qui les amène. Dans la fig. 5, les soupapes A et D sont levées et le piston en haut de sa course; la vapeur arrive de la chaudière sur le piston par le trou qui est au-dessus de la soupape A, sans pouvoir passer par le trou B, parce que la soupape B est fermée. D'un autre côté, la vapeur qui est au-dessous du piston passe par le trou D, qui est découvert, la soupape étant ouverte, et va se rendre au condenseur. Ainsi le vide est fait en dessous, la pression exercée en dessus, et le piston descend. La tringle F qui lie ces soupapes les fait monter et descendre ensemble, lorsqu'un levier l'attaque, mis en jeu par un taquet fixé à la tige de la pompe à air.

Dès que le piston est suffisamment abaissé dans le cylindre, la tringle F, en s'abaissant, ferme les soupapes A et D; puis peu à près la tringle E, en s'élevant, ouvre les soupapes C et B, dès que le piston a atteint le bas du cylindre (fig. 6) : alors l'orifice C est béant pour laisser entrer la vapeur sous le piston, tandis que B est ouvert, pour que celle qui est au-dessus puisse se rendre au condenseur. Bien entendu que des conduits vont de C à la chaudière et de B au condenseur, et que les tiges des deux soupapes B et D passent dans des tubes à travers les

soupapes A et C. Le jeu s'y fait dans des boîtes à étoupes graissées, et elles joignent sans laisser d'issue à la vapeur. Souvent au lieu de faire mouvoir ces soupapes par la pompe à air, on fait attaquer leurs leviers par un excentrique sur l'axe de la roue de volant. Ces détails sont sans importance.

Les fig. 7 et 8 représentent le procédé de Murray pour produire le même effet; c'est ce qu'on appelle des *soupapes à tiroir*, qui n'exigent qu'un seul conduit pour la vapeur venant de la chaudière, et un seul pour la condensation. Quand le piston est en haut, on voit (fig. 7) que la vapeur arrive de la chaudière par l'orifice S, le tuyau A, et va au-dessus du piston P; tandis que celle qui est au-dessous et emplit le cylindre trouve à fuir au condenseur par l'orifice C et le chemin B. Alors un tiroir, placé dans la boîte à vapeur DE, se déplace, et prend la position représentée fig. 8. Le chemin de S à A se trouve fermé, et au contraire la vapeur qui remplit le cylindre au-dessus du piston, peut fuir au condenseur par C; tandis que la vapeur venant par S, passe en B et va presser le cylindre en dessous. Ce tiroir qui ouvre ainsi la voie, tantôt en dessus, tantôt en dessous, est mu par un levier que fait agir l'excentrique mis en mouvement par le volant.

La soupape en DE', imaginée par Watt, est représentée fig. 9 et 10. Deux tampons solides A et B sont liés par une tige qui les fait monter et descendre ensemble dans le conduit D. Lorsqu'ils ont la position fig. 9, la vapeur arrive de la chaudière par S, ne peut passer qu'en dessus du piston qui est en haut de sa course; et celle qui est au-dessous et remplit le cylindre, trouve à fuir par IC pour gagner le condenseur, en se précipitant par le tuyau C; et quand la soupape a la position fig. 10, le piston est arrivé en bas du cylindre, et c'est au contraire le chemin IA qui fournit la voie à la vapeur de dessus le piston vers le condenseur C'; tandis que celle de la chaudière afflue par S sous le piston par le chemin SB. La tige I, qui lie les deux tampons, est mise en mouvement par un levier, comme dans les cas précédens; ainsi l'effet est produit avec simplicité.

Les fig. 2 et 3, pl. 66, représentent une modification de la soupape en *DE'*, dont on fait principalement usage dans les machines faibles : C est encore l'orifice du conduit au condenseur, et S celui par où arrive la vapeur. Les deux tampons A et C sont joints par une tige en forme de tuyau. Quand le piston est en haut du cylindre (fig. 2), la vapeur arrive de S et le presse en dessus, après avoir traversé le tuyau AB et passé en N; tandis que la vapeur qui est au-dessous du piston fuit par l'orifice M qui vient d'être découvert, et passe en C, en circulant autour du tuyau AB. Et lorsque le piston est poussé ensuite en bas du cylindre, les tampons ont pris la position (fig. 3); la vapeur qui arrive de S ne peut plus aller en dessus du piston, parce que le tampon B bouche le passage; elle va presser le dessous du piston par M et le force à remonter, tandis que la vapeur qui remplit le cylindre passe par N pour se répandre autour du tuyau AB, et aller au condenseur par C.

Nous renvoyons à l'article Robinet la description d'un autre mécanisme de même genre qui est appelé *robinet à quatre fins*, qui avait été imaginé par Papin, et qu'on trouve figuré dans le *Theatrum machinarum* de Leupold. Des quarts de révolutions imprimés tour-à-tour à ce robinet changent la direction des conduits de la vapeur, qui se trouve dirigée tantôt en dessus ou en dessous du piston, en venant de la chaudière, tantôt lancée vers le condenseur. Au reste, ce procédé ingénieux est peu usité dans les machines à basse pression, parce que le passage laissé à la vapeur est en général trop étroit, et qu'on perd à chaque coup de piston une portion de vapeur sans utilité. Les robinets sont en outre sujets à s'user promptement, et exigent des réparations fréquentes : on ne s'en sert guère que dans les machines à haute pression, où les pertes de vapeur ont peu d'importance.

Chaudières. La capacité de la chaudière dépend de la quantité de vapeur qu'elle est destinée à fournir, calculée sur cette base que la vapeur à 100 degrés occupe un volume 1700 fois plus grand que le même poids d'eau; mais, dans la pratique, on ne compte que 8 à 9 cents fois, à cause de l'air qui se mêle à l'eau. Nous avons traité aux articles Vapeur, Chaudière, Chauffage, des conditions d'établissement de ces appareils, tant sous le rapport de la matière dont on les fait, de leur *surface de chauffe* (on estime qu'un mètre carré peut réduire au moins 45 litres d'eau en vapeur par heure), que de la manière de les travailler; et nous dirons seulement ici qu'on évalue à 4 ½ ou 5 kilogrammes de houille ou de charbon de

bois la quantité de combustible brûlée, par force de cheval et par heure; mais que, dans les machines à haute pression, dont nous parlerons plus loin, cette quantité est moindre et ne va qu'à 4 kilogrammes, et moins encore. On compte qu'un kilogramme de bonne houille produit 170 DYNAMIES, c'est-à-dire est capable d'élever 170 kilogrammes à 1 mètre; mais généralement, on n'évalue cette force qu'à 140 kilogrammes. En général, la puissance mécanique de la houille est onze fois celle d'un poids égal d'eau réduite en vapeur à 100 degrés; mais, dans la pratique, on ne compte que sur 5 ou 6 fois, au lieu de 11.

Un pied cube d'eau (ou 34 litres) réduite en vapeur, donne, par heure, la force d'un cheval.

Quant à la forme de la chaudière, elle a singulièrement varié; tantôt hémisphérique ou en cylindre terminé par deux hémisphères, tantôt en dôme allongé, voûtée en dessous, etc.; mais on paraît beaucoup préférer les *bouilleurs*, qui sont des cylindres parallèles communiquant ensemble, et entre lesquels la flamme circule. Dans tous les cas, il faut y ménager une porte par laquelle un homme puisse s'introduire pour la nettoyer et la réparer. On y pratique divers trous, savoir : les orifices de communication avec la SOUPAPE DE SURETÉ (sujet qu'on a traité ailleurs), avec le cylindre, avec le MANOMÈTRE (*V.* ce mot) qui fait connaître la tension de la vapeur, enfin avec les *tubes jaugeurs*, ou autres appareils qui servent à déterminer le niveau de l'eau dans la chaudière. Nous avons déjà indiqué le jeu de ces tubes (fig. 2, pl. 66) en traitant de la machine de Newcomen; mais il nous reste à parler de quelques inventions qui ont la même destination.

Flotteurs. F (fig. 4, pl. 66) est un poids qu'on fait flotter sur l'eau de la chaudière, en le retenant en équilibre par un contre-poids A; F est suspendu à un fil de métal qui passe à frottement dans un petit trou de la paroi; et ce fil tient par une chaîne flexible au contre-poids A, en s'enroulant sur une poulie V. Deux chevilles P P′ sont fichées sur le limbe, en opposition diamétrale et parallèle à l'horizon; en sorte que, quand le flotteur F monte ou descend, la poulie tourne, et on voit cet effet par la position des deux chevilles. L'eau ne remplit la chaudière qu'à moitié dans l'état qu'on vient de décrire; s'il en arrive une plus grande quantité, le poids F se trouve plongé et perd de son poids. Il est donc forcé à monter par le poids A qui l'équilibre. Si, au contraire, le niveau de l'eau vient à s'abaisser, F devient plus lourd, parce qu'il n'entre pas aussi profondément dans l'eau, et il est forcé de descendre. Ainsi, la position relative des deux chevilles P P′ indique à l'inspecteur de la machine ce qu'il doit faire pour parer à l'inconvénient qui lui est manifesté.

Souvent on se contente d'un tube de verre T doublement coudé, comme on le voit fig. 5; le liquide y montre son niveau *i* dans la chaudière, puisque la vapeur presse également les deux surfaces.

L'appareil représenté fig. 6 a l'avantage de fonctionner de lui-même et de conserver le niveau constant, en maintenant la recette d'eau à l'égalité avec la dépense. La pompe à eau chaude amène ce liquide par un tuyau G′ (fig. 1), dans une bache C, fig. 6 : au fond de cette bache est une petite soupape V qui ouvre et ferme un tuyau aboutissant dans la chaudière. Le flotteur F est mis en équilibre avec un poids A, à l'aide du levier EA, qui a son appui en D. Quand le niveau de la chaudière vient à baisser, le poids F, en descendant, monte le poids A, et la soupape V se lève; l'eau descend donc dans la chaudière, jusqu'à ce qu'elle y trouve son premier niveau. Ce mouvement de la soupape V est donné par un triangle qui l'attache au levier. Ainsi il ne pourra jamais y avoir ni plus ni moins d'eau qu'il ne faut dans la chaudière, et le niveau sera constant, la chaudière se remplissant d'elle-même par de l'eau déjà chaude, parce que cette eau provient de la condensation. Du reste, la bache C a un tuyau de décharge pour donner issue à l'eau surabondante, attendu que la pompe à eau chaude monte à la fois l'eau de condensation et celle du jet condenseur, et par conséquent fournit plus d'eau que la chaudière n'en dépense.

Registre. Comme la chaudière perdrait de la vapeur par la soupape de sûreté, si l'on en développait plus que la machine n'en consomme, parce que la tension s'accroîtrait sans cesse, on modère l'action du feu par un appareil très-simple. Un tube vertical T (fig. 7) plonge presque au fond de la chaudière, et vient s'ouvrir au dehors; la tension de la vapeur, en pressant l'eau, la force à s'élever dans ce tube au niveau T. Un flotteur F est en équilibre avec un con-

tre-poids D, lequel a la forme d'une plaque qui, par conséquent, monte et descend au gré des variations de la tension. Or, cette plaque se place dans le conduit par lequel s'échappe l'air brûlé, conduit qu'on fait ordinairement circuler une fois ou deux à travers l'eau de la chaudière, pour profiter d'une partie de la chaleur que cet air contient. En descendant, et interceptant ainsi une portion du conduit, la plaque diminue le tirage et modère l'action du foyer. On peut régler cet appareil de manière que la production de la vapeur soit proportionnée avec les besoins de la machine, car le défaut de tension fera descendre le niveau T et le flotteur F, ce qui fera monter la plaque A, et rendra au tirage toute sa force.

Fourneaux. Nous ne dirons rien des Fourneaux de machines à vapeur, ce sujet ayant déjà été traité à son article. C'est par la même raison que nous n'avons rien à dire des formes des pistons. (*Voy*. Piston.)

D'après cette courte description de la machine à vapeur, le lecteur peut juger la nature et apprécier l'importance des inventions de Watt. On avait, jusqu'à lui, condensé la vapeur dans le cylindre même, en y injectant de l'eau froide; mais cette eau d'injection recevait du cylindre et lui enlevait une température élevée, d'où résultaient deux inconvéniens graves. Cette eau chaude se trouvant dans un espace très-raréfié se convertissait en partie en vapeur qui résistait au piston, et diminuait la force de la machine; quand la vapeur venait à entrer dans le cylindre refroidi, une portion se convertissait en eau par son contact avec les parois qui étaient à une plus basse température que la vapeur. En condensant donc la vapeur dans le cylindre même, la résistance que le piston devait vaincre était augmentée par une reproduction partielle de vapeur élastique, et la puissance travaillante de la machine était affaiblie par une destruction partielle de la vapeur introduite. Watt a évité, en grande partie, cette double perte, en séparant le condenseur du cylindre et en l'entourant d'eau froide, puis en enveloppant le cylindre d'une *chemise* en bois, et mettant entre deux des cendres de bois, pour empêcher la chaleur de se dissiper dans l'air ambiant, ou par le moyen d'une boite en fer, emplie de vapeur, qui entourait le cylindre.

Le plus grand des perfectionnemens de Watt consiste dans l'emploi de la vapeur, tant au-dessous qu'en dessus du piston alternativement. Dans la machine de Newcomen, elle n'exerçait aucune puissance; il ne l'employait proprement que pour la détruire et former le vide sous le piston, qui était ensuite poussé par la pression de l'atmosphère, et relevé par un contre-poids à l'autre bout du balancier. Le cylindre était ouvert en dessus à l'air extérieur, qui y affluait à chaque descente du piston. Une portion considérable de chaleur était donc enlevée, et il fallait dépenser une quantité considérable de vapeur pour réparer cette perte. Dans la machine de Watt, au contraire, l'air extérieur est exclu par la boite à étoupes, en haut du cylindre, laquelle livre un passage, fermé à l'air, pour le jeu de la tige du piston; et c'est la force de la vapeur qui remplace celle de l'air pour faire tantôt descendre, tantôt remonter le piston.

Lorsque ces améliorations sont adoptées, il n'y a pas plus du quart de la vapeur employée à échauffer l'appareil, et par conséquent il est impossible que la machine puisse devenir d'un quart plus puissante qu'elle ne l'est actuellement, toutes choses égales d'ailleurs. Il serait cependant à désirer que la force du piston pût être immédiatement appliquée à l'appareil mécanique qu'on veut animer, sans l'intervention du grand balancier. Il est vrai que Watt a tenté de le faire, et a employé la tige même du piston pour mener une machine, et Cartwright a, dans une invention de ce genre, changé le mouvement vertical du piston en mouvement de rotation, par le secours de deux manivelles fixées à l'axe de deux roues égales qui travaillaient de chaque côté.

Mais ce procédé n'est pas devenu d'un usage avantageux, et Watt a toujours préféré l'emploi du balancier, qu'on fait en général en bois de chêne dur, avec le cœur en dehors, pour l'empêcher de plier. On dissipe une quantité considérable de force pour entrainer, à chaque coup de piston, une telle masse du repos au mouvement, et ensuite du mouvement au repos. Pour prévenir cette perte de force, divers ingénieurs se sont servis d'une légère charpente en bois, au lieu d'un grand balancier massif. Mais, après quelque temps de service, le bois était coupé par les verroux de fer, et la charpente même était souvent instantanément détruite. Dans quelques-unes des dernières machines construites par Watt, le

balancier est en fer fondu, et en ajoutant ainsi à sa durée, il en a diminué le poids et accru la force de la machine.

Nous terminerons cet exposé par citer une note de M. Cecile sur la machine exécutée par M. Martin, à Marly. La machine à vapeur qui remplace l'ancienne est à simple pression et à double effet : sa force est évaluée à 64 chevaux; le mécanisme qu'elle fait mouvoir met en activité huit pompes foulantes et aspirantes, dont le jeu produit l'effet d'une manivelle à huit coudes égaux, et l'on obtient, par cette disposition, un jet continu, sans avoir besoin d'employer un récipient d'air. Les tuyaux d'embranchement adaptés à ces pompes se réunissent d'abord à une conduite unique, ascendante, de 27 centimètres de diamètre, qui se divisent ensuite en deux branches égales, de 19 centimètres de diamètre, lesquelles se prolongent jusqu'au sommet de la grande tour, en parcourant, sur une ligne droite, toute la pente de la montagne de Louveciennes, sur une longueur en pente de 1300^m, et sur une hauteur verticale de 162^m. Le terme moyen du produit de chaque jour, pendant les huit premiers mois de la mise en activité, a été 76 *pouces*, chacun de 20 mètres cubes, ou de 1520 mètres cubes par 24 heures. On a consommé, dans le même temps, 7584 kilogrammes de houille, ou 316 kilogrammes par heure.

Ainsi, l'effet dynamique de cette grande machine est, par heure, de 63 $\frac{1}{3}$ mètres cubes d'eau, élevés à 162 mètres de hauteur, c'est-à-dire 10,260 dynamies, chacune de 1000 kilogrammes élevés à 1 mètre, ou de 41 fois les 250 unités, mesure de la force du *cheval de vapeur*. La machine de Marly a été construite pour une puissance de 64 de ces chevaux. La consommation de charbon est donc, par heure et par cheval, d'à peu près 5 kilogrammes de houille, comme dans les bonnes machines de Watt à double effet.

Machine sans balancier ni parallélogramme de Maudslay.

Cet appareil, qui est ordinairement employé à la fabrication du chocolat, et dans toutes les fabriques qui n'exigent que peu de force, sert aussi dans beaucoup d'autres circonstances. C'est une machine à double effet, semblable à celle de Watt qui vient d'être décrite, mais qui en diffère par la manière dont la puissance est transmise au volant. Elle est représentée fig. 1 et 2, pl. 67, des Arts Mécaniques.

La tige du piston est terminée en haut par une branche horizontale en forme de T; les bouts de cette branche sont articulés avec deux bielles *b b*, qui montent et descendent avec le piston; leur mouvement, et celui de la tige du piston, est dirigé par deux coulisses *c c*, le long desquelles glissent deux poulies. Ces bielles vont saisir en bas les bras des manivelles qui font tourner l'arbre et le volant; elles ont donc, outre le mouvement haut et bas que leur imprime le piston, des excursions en avant et en arrière pour obéir à celles des manivelles. Un volant régularise les effets.

Le condenseur est placé au milieu du récipient à eau froide, et renferme la pompe à air et à eau chaude : ce sont trois cylindres concentriques, comme on les voit fig. 1. La bache *v* à niveau constant, contient la pompe destinée à alimenter la chaudière, et qui est foulante et aspirante alternativement. Il en faut dire autant de la pompe à eau froide placée dans un réservoir cylindrique, qui communique, par un tuyau horizontal inférieur, avec le récipient, lequel contient le condenseur.

Les pistons des trois pompes sont mus par un balancier en forme de fléau, par un excentrique *x*, placé entre les deux branches de la fourchette *f*; cet excentrique, situé au milieu de la machine, est entre les deux manivelles. Il y a un parallélogramme ordinaire pour diriger la tige de la pompe à air.

Machines à double cylindre de Woolf et Hornblower.

L'idée du double cylindre appartient à Hornblower; mais c'est à Woolf qu'on en doit la principale application, parce qu'il en a fait une machine à double effet. Décrivons d'abord la première. A et B (fig. 8, pl. 66), sont deux cylindres de même diamètre, mais dont l'un a une hauteur double de l'autre; leurs pistons sont attachés au balancier à distances doubles du centre C de rotation, et font leurs excursions simultanément. Le tuyau K conduit du bas de l'un en haut de l'autre. Chaque cylindre a un tube latéral H M, destiné à établir la communication du haut avec le bas, lors que les robinets ou soupapes I et N sont ouverts. Enfin, au bas du grand cylindre A est un tuyau P qui conduit la vapeur au

condenseur quand le robinet O est ouvert. Comme le reste de la machine est semblable à celle de Watt, nous ne l'avons pas représenté.

Le tuyau F amène la vapeur de la chaudière; cette vapeur presse le piston B en dessus. Admettons qu'en dessous il y ait de la vapeur, mais que le vide existe sous le piston A du grand cylindre, le piston B descendra ainsi que l'autre, parce que la vapeur pressera le piston A en dessus. Ainsi, la vapeur passera en dessus des deux pistons, qui descendront ensemble au bas de leurs cylindres, la soupape L étant ouverte, aussi bien que celle P du condenseur. Dans le premier instant, le piston B est également pressé sur ses deux bases; mais, après une partie de la descente de A, comme la vapeur se détend et passe dans le grand cylindre, sa tension diminue, et celle de dessus B, étant plus puissante, parce qu'elle a une force égale à la vapeur de la chaudière, le piston B doit suivre l'autre dans sa marche descendante. Le piston A est pressé de moins en moins par un effet de la détente.

Voilà donc les deux pistons arrivés en bas de leurs cylindres, comme on l'a représenté, fig. 9; que les soupapes G, L et O se ferment, et que I et N s'ouvrent. La chaudière n'envoie plus de vapeur, puisque G est fermé; il n'en peut pas venir du condenseur, puisque O n'est pas ouvert; d'ailleurs il n'y a plus aucune communication entre les deux cylindres, parce que L est fermé. Mais les soupapes I et N étant ouvertes, les bases de dessus et de dessous sont également pressées sur chaque piston, qui doit, par conséquent, rester en repos. Mais un contre-poids, comme dans les machines à simple effet de Watt, force le balancier à se relever, et les pistons sont ramenés en haut des cylindres, et la vapeur est poussée en entier sous les cylindres. Alors les soupapes I et N se ferment, les trois autres s'ouvrent (fig. 8), la condensation s'opère par le tuyau P, le vide se produit dans le grand cylindre, et l'effet se reproduit. On a trouvé que cette machine fonctionnait à peu près comme celles de Watt à simple effet. Tel est l'appareil imaginé par Hornblower.

La machine de Woolf, qui est connue à Paris sous le nom d'Edwards, est représentée fig. 10 et 11, du moins en ce qu'elle a de différent de celle de Watt, à double effet. C et C' sont des conduits qui communiquent à la chaudière; les tuyaux F F' vont au condenseur; des tubes D D' servent à conduire la vapeur du haut d'un cylindre au bas de l'autre. Que les robinets C, E, F, soient ouverts (fig. 10), et que C', E', F' soient fermés, le vide existe sous le grand piston A; la vapeur, qui est sous le petit, passant par D E en dessus, et pressant la base de A, fait descendre ce piston, lequel entraîne l'autre, qui n'est pressé en dessous que par de la vapeur détendue de plus en plus, tandis qu'en dessus celle de la chaudière est dans toute sa puissance.

Les deux pistons étant arrivés au bas de leurs cylindres (fig. 11), les robinets C, E, F se ferment; C', E', F' s'ouvrent. La vapeur vient de la chaudière par C' presser le piston B par dessous, plus qu'il ne l'est en dessus, parce que la vapeur du petit cylindre se détend en passant dans le grand, au dessous de son piston, par le tuyau D'. Cet effet résulte de ce que la vapeur qui est au-dessus de celui-ci en A, se précipite par F' dans le condenseur, et produit le vide dans cet espace A. Ainsi les deux pistons doivent remonter ensemble, et ainsi de suite.

Les fig. 10 et 11 supposent que les deux cylindres sont situés vers la même extrémité du balancier; s'ils étaient disposés de côtés différens, on donnerait aux cylindres les formes représentées dans la fig. 12.

Les machines de Woolf travaillent à haute pression ($2\frac{1}{2}$ à 3 atmosphères et plus); elles sont à double effet et à détente. Au rapport de M. Farey, celles qu'on a établies dans le Cornouailles présentent une économie évidente de combustible, ce qui est d'ailleurs un avantage dû à la haute pression, comme nous le ferons remarquer.

Ce qui distingue essentiellement la machine de Woolf de celles de Watt est l'usage des deux cylindres pour opérer la détente de la vapeur. L'idée d'employer cette détente est due à Watt, comme nous l'avons déjà dit; mais il avait eu un tout autre objet, celui de modérer la vitesse de la course du piston; tandis que Woolf entendait économiser la vapeur, en profitant de sa force décroissante à mesure qu'elle se répandait dans un plus grand volume.

L'avantage de deux cylindres substitués à un seul est manifeste. Dans un seul cylindre, l'impulsion du piston est très-variable dans l'étendue qu'il parcourt. Il faudrait que tous les agens de transmission du mouvement

fussent d'une force suffisante pour résister à la première action, et parfaitement assemblés pour éviter des mouvemens brusques dont ils auraient beaucoup à souffrir, et qui les détruiraient promptement. Le balancier, les supports, la bielle, la manivelle, les premières roues dentées, ressentiraient l'inégalité d'impulsion d'une manière funeste. Le cylindre devrait avoir la force capable de supporter une pression élevée, et en outre la capacité nécessaire pour contenir la vapeur. Mais en se servant de deux cylindres successifs, il suffit de donner au premier de la force avec une capacité médiocre, et au dernier de grandes dimensions avec une force médiocre.

Du reste, on manque de bons modèles de machines à deux cylindres, où les dimensions relatives des parties soient dans un juste rapport, tandis qu'on en a d'excellens pour les machines de Watt, d'où résulte la préférence qu'on leur accorde assez généralement. Il faut ajouter que c'est toujours à Watt qu'on doit rapporter même les perfectionnemens ajoutés à sa machine à vapeur; car, avant lui, qui aurait pu imaginer de faire fonctionner la vapeur à haute pression, et d'employer la détente, puisqu'il en a fait le premier un usage raisonné, et que jusqu'à lui, aucun appareil de ce genre n'était conçu de manière à permettre cette espèce d'innovation?

Machines à haute pression.

Comme dans les machines que nous venons de décrire, la condensation est un élément indispensable, il faut employer un condenseur et une grande abondance d'eau froide. De là résulte la nécessité d'appareils pesans et de dimensions étendues. Dans cet état, on ne peut les faire servir à divers usages, et particulièrement à la locomotion; car elles devraient dépenser leur puissance à se transporter elles-mêmes, ainsi que le charbon indispensable à la combustion, sans compter qu'elles occuperaient un espace trop considérable. Leupold d'abord, et ensuite Trevethick et Vivian, imaginèrent de perdre la vapeur dans l'air, pour n'être pas obligés de la condenser; alors ils se passèrent du condenseur, de la bache à eau froide, de la pompe à air et de la pompe à eau froide. Leur machine se réduisit à la chaudière, au cylindre avec son piston et ses soupapes, et aux moyens de communication entre la force et la résistance à vaincre.

Il est vrai que pour perdre ainsi la vapeur, c'est-à-dire la chasser au dehors, il faut surmonter la pression atmosphérique. Par conséquent, on doit élever la tension à un degré supérieur à cette pression; dépenser, sans produit, la force d'une atmosphère, et ne disposer, comme force motrice, que de la pression excédante. Une machine de quatre atmosphères ne développe que trois atmosphères disponibles.

La plupart des machines à vapeur emploient la vapeur à une tension supérieure à celle de l'atmosphère; mais on ne les dit pas pour cela, *à haute pression*. Pour qu'on les désigne sous ce titre, il faut qu'elles ne condensent pas la vapeur, et que par conséquent on consomme assez de combustible pour élever la tension à un degré qui permette de perdre une atmosphère, et que ce qui reste de tension suffise à l'effet qu'on veut produire. Ce n'est que cet excédant qu'on compte comme force de la machine. Mais malgré cette dépense, l'emploi de la haute pression a encore d'assez grands avantages pour qu'on ne regrette pas ce sacrifice.

On remarquera d'abord que la force de la vapeur (*V.* page 121) croît bien plus rapidement que la température. Ainsi, il suffit d'un petit nombre de degrés de plus pour que la tension de la vapeur devienne double. Il est vrai, d'un autre côté, que pour obtenir cette faible élévation de température, il faut brûler du combustible en plus grande proportion que ne l'indique cette température. Mais, tout bien considéré, il y a encore de l'avantage, sous le rapport de la dépense en argent, à employer la vapeur à tension élevée, même en la perdant dans l'air. Les machines à haute pression ne brûlent que 4 kilogrammes de houille par force de cheval et par heure.

Et qu'on ne croie pas qu'il y ait plus de dangers d'explosion dans ce dernier cas que dans le premier. L'expérience prouve qu'en comptant le nombre d'accidens funestes causés par les machines, on peut en reprocher moins aux hautes pressions qu'aux basses. Cela résulte de ce qu'on prend des soins plus attentifs dans un cas que dans l'autre. C'est surtout à M. Perkins qu'on doit des expériences faites sur ce sujet, et qui ont ramené la sécurité parmi les personnes qui font usage des tensions de plusieurs

atmosphères. D'ailleurs, les ordonnances royales des 29 octobre 1823 et 7 mai 1828, qui font loi à cet égard, imposent des conditions si précises qu'il n'est pas possible, lorsqu'on s'y est soumis, de conserver des craintes.

On fait d'abord subir aux chaudières de fonte, avec la PRESSE HYDRAULIQUE, une pression quintuple de celles qu'elles sont destinées à supporter, ou seulement une pression triple quand elles sont en cuivre laminé ou en tôle de fer. D'ailleurs la machine porte en dehors le poids de l'atmosphère, ce qui diminue la pression intérieure d'autant, en sorte que l'épreuve suppose que la tension que la vapeur doit habituellement supporter est diminuée d'une atmosphère. Les cylindres, les bouilleurs sont éprouvés de même. Des timbres apposés après ces épreuves indiquent la limite de force sous laquelle la machine doit travailler. Ainsi, celle qui porte le timbre 5 atmosphères, et peut travailler habituellement avec une tension de cette force, a eu pour terme d'épreuve 4, c'est-à dire qu'on l'a soumise à une pression de 20 ou de 12 atmosphères, selon que la chaudière est en fonte ou en tôle. On règle en conséquence la soupape de sûreté.

La formule qui donne l'épaisseur E de la tôle en millimètres pour résister à une tension de n atmosphères, est $E = 0,018\ D\ (n-1) + 3$, D étant le diamètre de la chaudière, exprimé en centimètres, que nous supposons cylindrique et terminée par des calottes hémisphériques, forme qu'on leur donne ordinairement, parce qu'elle convient mieux pour résister à l'effort. Une chaudière de 8 décimètres de diamètre intérieur, pour porter le timbre de 5 atmosphères, doit avoir pour épaisseur $E = 0,018 \times 80 \times 4 + 3 = 8,76$ millimètres.

Du reste, on ne donne jamais moins de 2 lignes, ou 4,5 millimètres d'épaisseur aux chaudières à haute pression, ni plus de 6 lignes (14mm), parce que le métal, dans ce dernier cas, s'altère beaucoup par l'action du feu. On est donc obligé de restreindre les diamètres le plus possible. Une chaudière timbrée à 8 atmosphères ne pourrait avoir qu'un diamètre compris entre 83 et 90 centimètres.

Quant aux tubes bouilleurs, qu'on appelle souvent *générateurs*, parce que, remplis d'eau et baignés dans les flammes, ils engendrent la vapeur avec activité, leur position, au milieu du foyer, oblige de leur donner une beaucoup plus grande épaisseur qu'aux chaudières, eu égard à leurs diamètres.

On adapte à la chaudière deux soupapes de sûreté dont l'une est seule à la disposition de l'ouvrier chauffeur; l'autre, recouverte d'une grille, et fermée à clef et hors de ses atteintes. On adapte, en outre, à la partie supérieure de la chaudière, deux rondelles d'un métal composé, qui est fusible à une température de quelques degrés supérieure à celle de la tension de la vapeur qu'indique le timbre (de 10 degrés centigrades pour celle qui a même diamètre que la soupape de sûreté, de 20 degrés pour celle qui a un diamètre double et est enfermée sous la grille). Ces rondelles sont timbrées après des essais. L'ordonnance de 1823 contient encore quelques dispositions sur l'étendue de l'enceinte occupée par la machine, et sur les localités. Elle a été rendue sur un rapport de l'Académie des Sciences. Des instructions du ministre prévoient les divers cas possibles. *Voyez* les t. IX et XI des Annales des Mines, et le t. III de la deuxième série.

Les dangers d'explosion sont assurément une des causes les plus raisonnables de la répugnance que certaines personnes montrent pour employer la vapeur à haute pression comme force motrice. Mais en prenant les précautions que dicte la prudence, il n'y a plus rien à redouter. Ces précautions consistent à ne se servir que de matières solides et éprouvées, à soumettre les appareils à toutes les conditions de sûreté prescrites par les ordonnances, et enfin à s'assurer perpétuellement de l'état du niveau de l'eau dans la chaudière. C'est surtout ce dernier point qui est essentiel à considérer. M. Perkins a très-bien expliqué que c'est à une trop faible quantité d'eau dans la chaudière qu'ont été dues les explosions terribles des bateaux à vapeur. Les flancs de ce vase de métal se trouvant exposés à nu à l'action du feu, prennent une température qui va jusqu'au rouge; et si les mouvemens du navire, ou quelque autre cause intérieure vient à projeter le fluide sur la paroi, il se développe une si prodigieuse quantité de gaz, que la soupape de sûreté n'a pas le temps de se soulever; les parois, déjà affaiblies par la chaleur, sont instantanément pressés avec violence, et il en résulte un déchirement subit. Et d'ailleurs, quand la soupape se

lèverait, la vapeur, en s'échappant, laisserait le fluide sous une moindre pression, et l'eau s'élancerait en écume sur les parois rougies; l'orifice ouvert de la soupape ne suffirait pas pour donner issue à cette grande abondance de vapeur, et la chaudière éclaterait.

Ce sujet a été traité par M. Arago avec une telle supériorité que nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer le lecteur à l'Annuaire de 1829 et de 1830. On y trouvera l'historique complet des désastres produits par les explosions des machines, et l'explication des causes qui ont amené ce résultat funeste. C'est presque toujours l'incurie ou l'imprévoyance qui ont amené ces malheurs. Mais on n'en conclura pas moins que ces machines ont de si immenses avantages, et que la navigation en retire de si grands bienfaits, qu'on doit se borner à surveiller les machines à haute pression, mais qu'il ne faut jamais y renoncer. Condamnera-t-on les hommes à ne plus se servir de fusils, parce que des fous ou des imprudens ont compromis leur existence ou celle d'autrui en en faisant usage.

Nous donnerons, pour terminer ce sujet, la description de la machine à haute pression de Trevethick, représentée, fig. 3, pl. 67. La chaudière est un gros cylindre A B; le feu est fait dans un fort tuyau cylindrique C D, qui est entré en entier dans l'eau de la chaudière, et lié par une bride au couvercle. Ce tuyau est coupé en deux parties par une grille, le foyer au-dessus, le cendrier au-dessous : il se prolonge en se coudant et revient le long de D E et sort dans la cheminée en E. La flamme se développe ainsi au milieu de l'eau pour lui communiquer une grande chaleur.

Le cylindre F de la machine à vapeur est en grande partie plongé dans l'eau de la chaudière : en haut est un ROBINET à quatre fins G, dont nous avons déjà parlé, qui sert à faire entrer la vapeur sous le cylindre, ou à donner issue au dehors, selon sa position. Il y a un tube H qui conduit la vapeur perdue dans la cheminée. La tige du piston est terminée en haut par une branche perpendiculaire, ce qui lui donne la forme d'un T: les bouts des bras sont articulés avec deux bielles qui vont saisir de chaque côté les manivelles; il y a aussi des guides verticaux; le tout, comme il a été expliqué et figuré en traitant de la machine de Maudslay. Cette double manivelle fait tourner l'arbre de couche et le volant; ou bien on adapte à l'axe du volant une grande roue dentée, et par des engrenages, on transmet le mouvement aux parties de l'atelier qui l'exigent. Cette portion de la machine n'a pas été figurée, parce qu'on se la représentera aisément, et que d'ailleurs on peut la varier d'une infinité de manières, selon les conditions.

Dans l'état que représente la fig. 3, le piston est en haut de sa course, et le robinet à quatre fins est tourné de manière à conduire la vapeur de la chaudière au-dessus du piston, tandis que celle qui est en dessous s'échappe par la cheminée. Ainsi, le piston n'est pressé en dessous que par le poids de l'atmosphère, et il l'est par dessus par la vapeur, à une tension supérieure; il doit donc descendre, poussé par la différence de ces deux forces. Arrivé au bas du cylindre, le robinet change de position par un quart de tour (fig. 4), et la vapeur de la chaudière arrive au contraire par dessous, tandis que celle de dessus trouvant une libre issue, fuit dans la cheminée; ainsi le piston doit remonter. Le robinet est tourné par la machine même. La force que la machine développe est d'une atmosphère plus faible que la tension de la vapeur, moins les frottemens; ainsi cette tension doit être plus élevée que celle de l'air.

Nous ne dirons rien des soupapes de sûreté, des plaques fusibles, et autres parties qui sont communes à toutes les machines à vapeur. Et quant aux moyens de réparer les pertes d'eau de la chaudière, il est clair qu'on ne peut se contenter de l'y introduire par son seul poids, à cause de la tension intérieure. On l'y refoule par une pompe que la machine elle-même fait agir. Par économie, on fait passer cette eau dans un manchon qui enveloppe le tuyau H de sortie de la vapeur; celle-ci cède ainsi une partie de sa chaleur à l'eau d'alimentation.

Voitures à vapeur.

Quand la machine à vapeur est destinée au transport par terre, les manivelles communiquent le mouvement aux deux roues de devant de la voiture, sur lesquelles la machine est emportée. Le volant est alors inutile, parce que la masse mise en marche en tient lieu, et règle les mouvemens. Nous avons déjà expliqué aux articles CHEMIN DE FER, CHARIOT, comment un *waggon*, portant la machine, tire ou pousse une suite

de vingt à quarante chariots chargés, et mène tout l'équipage. Souvent on munit le waggon traîneur de deux machines, pour éviter les trop gros cylindres et les temps morts de la manivelle : la même chaudière les alimente l'une et l'autre. On a aussi employé ces voitures au transport rapide des voyageurs ; ce n'est que sur les chemins de fer que les expériences ont jusqu'ici été satisfaisantes. L'art attend d'autres perfectionnemens pour appliquer la vapeur aux voyages sur les routes ferrées ou pavées. Mais ce sujet est étranger à celui qui nous occupe, et se rapporte à d'autres parties de la mécanique.

Comme dans les voitures à vapeur, la machine est obligée de se transporter elle-même, ainsi que l'eau et le combustible qu'elle consomme, on comprend qu'elle ne peut disposer que de la partie de puissance qui excède cette dépense de force. Il importe donc de diminuer autant qu'on peut le poids de la machine et la consommation d'eau, parce que ce sont des frais de transport en pure perte. C'est ce qui donne un grand intérêt aux belles expériences de M. Perkins sur les *générateurs* de vapeur et leur emploi. Cette partie de l'art n'a pas encore pris possession des ateliers, et nous n'en parlerons pas.

La première personne qui a eu l'idée de se servir de la vapeur pour mouvoir les voitures est le docteur Robison ; mais ce procédé ne paraît pas avoir été mis en pratique avant 1802, que Trevethick et Vivian ont pris leur patente pour les machines à haute pression, dans le dessein exprès de traîner des voitures chargées. Ils exécutèrent une voiture à vapeur en 1804, et l'éprouvèrent sur le chemin de fer de Merthyr-Tidvil. Les tentatives cependant ne furent qu'expérimentales jusqu'en 1811, que Blinkinsop, propriétaire de mines de houille à Middleton, et qui fournissait à la consommation de la ville de Leeds, se servit de ces sortes de voitures pour transporter le charbon sur ses chemins de fer. Le bouilleur de la machine de Blinkinsop était porté par quatre roues non dentées, et le mouvement était communiqué par une manivelle qui faisait tourner deux autres roues situées au milieu de la voiture, et ayant de fortes dents à la circonférence. Ces dents agissaient sur des rails dentés, et de la sorte, cette voiture, avec sa suite de 30 chariots chargés de charbon, était entraînée sur le chemin. Maintenant on ne se sert plus de rails dentés, ni de roues dentées.

En 1816, Losh et Stephenson de Newcastle prirent une patente pour des perfectionnemens aux voitures à vapeur. Nous avons représenté leur système, fig. 5 et 7, pour en donner une idée.

M. Tredgold admet que le travail d'un cheval de roulage est de 5 kilomètres par heure, avec un tirage de 50 à 56 kilogrammes, et qu'il soutient ce travail 6 heures sur 24. Ce travail journalier revient à 1680 dynamies. On l'obtient, par la voiture de Trevethick, avec 41 kilogrammes de houille. On estime que la vitesse du cheval, sur un chemin de fer horizontal, étant de 5 kilomètres par heure, le poids qu'il peut traîner, en chargement, est de 8 tonnes (la tonne vaut 1000 kilogrammes), c'est-à-dire huit fois plus que sur un chemin pavé.

Une nouvelle communication entre Liverpool et Manchester est ouverte sur un chemin de fer ayant 55 kilomètres de développement (ou 13 lieues environ, 4 kilomètres valant une lieue de poste). Le chariot qui a remporté le prix qu'on avait proposé est celui de Stephenson, pesant 4150 kilogrammes. Avec une charge totale de 12 $\frac{1}{2}$ tonnes, ce chariot a parcouru 16,9 kilomètres à l'heure ; et portant 30 voyageurs, il fit 35,4 et jusqu'à 45 kilomètres par heure : il fut le seul qui ait fourni la course de 112 kilomètres sans interruption. Le service du transport sur le chemin de fer exigera 102 chariots de la même force que le précédent.

Les ingénieurs anglais estiment la force du cheval de vapeur à 273 dynamies par heure : chaque dynamie est de 1000 kilogrammes élevés à 1^m. La quantité de houille nécessaire pour produire cette force est de 6 $\frac{1}{2}$ kilogrammes, sans y comprendre le charbon qu'on brûle pour échauffer la chaudière avant la mise en train. M. Walker affirme qu'une machine de 10 chevaux peut transporter 13 tonnes avec la vitesse de 16 kilomètres (4 lieues) à l'heure. Or, la force d'un cheval de vapeur est capable d'élever 273 mille kilogrammes à 1^m ; divisant 273 par 16, on voit qu'il élève 17 kilogrammes à 16 kilomètres de hauteur. Mais ce cheval transporte effectivement 1300 kilogrammes à 16 kilomètres de distance en une heure ; donc, sur un chemin de fer, un tirage de 17 kilomètres met en mouvement un poids 76 fois plus grand avec une vitesse de 16 kilomètres à l'heure.

Bateaux à vapeur.

Les Anglais attribuent à Jonathan Hull, les Américains à Fulton, l'invention des bateaux à vapeur; mais M. Arago a parfaitement établi, dans l'Annuaire déjà cité, qu'en 1695, Papin avait clairement exprimé les moyens de navigation de cette espèce; que ce n'est qu'en 1736 que J. Hull a pris sa patente pour des procédés reconnus impraticables, même pour remorquer les navires; que Périer est le premier qui, en 1775, ait construit un bateau à vapeur; que, trois ans après, le marquis de Jouffroy avait fait des essais sur une plus grande échelle, à Baume-les-Dames; qu'en 1781, ce dernier avait établi réellement sur la Saône un grand bateau de ce genre; que les essais faits, en Angleterre, par M. Miller, en 1791, lord Stanhope en 1795, Symington en 1801, Livington et Fulton en 1803, à Paris, sont de beaucoup postérieurs.

Le procédé universellement adopté consiste à placer la machine à feu au centre du bateau; deux roues à aubes saillantes sur les flancs sont mises en jeu par la machine, et frappent l'eau comme de larges rames, parce que le piston communique sa puissance à une manivelle qui fait tourner les aubes.

Pour donner au lecteur une idée générale de la construction d'un bateau à vapeur, nous avons représenté, fig. 1, pl. 68, la *Cité d'Édimbourg*. V est une des roues à aubes, mue par la machine à vapeur qui est au-dedans; la fig. 6, pl. 67, est une coupe du vaisseau à vapeur *le Royal George*, avec une élévation de la machine. Au bout des deux axes horizontaux A P, traversant le navire, sont fixées les roues à aubes, dont on voit l'une en V. La machine a deux cylindres placés dans les coffres à vapeur F F qui contiennent les soupapes, et par l'ascension et la descente alternative des tiges de leurs pistons B B, attachées aux manivelles C C, on communique un mouvement de rotation aux axes P P, et par conséquent aux aubes V de la roue. On voit en K K les manivelles qui font fonctionner les soupapes. La pompe à air E de la machine est mue par la manivelle D, qui reçoit son mouvement d'une branche intérieure H de chaque manivelle. Les bouilleurs G G s'étendent sur toute la largeur du vaisseau. Les piliers *h h* portent le haut de la charpente *ii* et les autres parties de la machine; *ll* sont les flancs *tribord et bâbord;* le pont est *mm; k* est la cheminée.

Les avantages que peuvent procurer des perfectionnemens aux bateaux à vapeur ont inspiré diverses tentatives pour obtenir plus de force, ou moins de frais. Les inventeurs se sont principalement attachés à modifier ou à remplacer les roues à aubes, soit en leur substituant des pistons pour chasser l'eau, soit en repliant les aubes à charnière au bout des rayons qui les portent, afin qu'elles attaquent toujours l'eau verticalement, pour éviter une décomposition de force, etc.; mais ces modifications, bonnes en théorie, se sont toujours trouvées défectueuses dans la pratique. L'eau, et surtout celle de la mer, corrode bientôt les articulations, et met l'appareil hors de service. On a essayé d'appliquer la vapeur de la machine à un long axe armé de palettes en spirale; d'autres l'ont employée comme moyen d'impulsion d'un courant d'eau, ou de l'air sortant du milieu du bateau et agissant contre l'eau. Aucune de ces inventions n'a rempli le but qu'on en attendait.

On s'en est donc tenu aux changemens de la machine à vapeur, qui étaient de nature à économiser la force et le combustible. Nous citerons, à cet égard, les *machines à cylindres oscillans,* qui fonctionnent dans les remorqueurs du Hâvre. L'invention en est attribuée à Stevenson; l'habile M. Café les a établies et perfectionnées, et elles travaillent avec un grand succès. Le cylindre, au lieu d'être fixe et vertical, est monté sur deux forts tourillons, comme un canon sur son affût, et peut basculer sur des collets. L'axe du cylindre peut donc prendre diverses inclinaisons, et se balancer en avant et en arrière à chaque pulsation du piston, qui attaque directement, par sa tige, la manivelle qu'elle fait tourner. Il n'y a plus besoin de balancier ni de parallélogramme, la tige du piston se mettant toujours d'elle-même dans la direction la plus favorable avec le bras de la manivelle. La vapeur entre dans le cylindre, et en sort par des tuyaux qui percent les tourillons à leur centre, et y sont ajustés de manière à ne pas laisser échapper la vapeur.

Cet appareil, qu'on peut d'ailleurs appliquer dans toute autre circonstance, est double dans les vaisseaux à vapeur, c'est-à-dire qu'il y a réellement deux machines recevant la vapeur de la même chaudière, et agissant successivement et à leur tour sur

les manivelles; l'une doit fonctionner quand l'autre cesse son action.

Les meilleures machines motrices de bateaux à vapeur fonctionnent sous une pression de 1 à $1\frac{1}{2}$ atmosphère, sans expansion, et consomment 5 kilogrammes de houille par heure et par force de cheval. *Le Sphinx,* bâtiment de la marine royale, est mu par deux machines de la force de 80 chevaux chaque, et sa consommation est aussi de 5 kilogrammes. Nous citons cet exemple, parce que ce bâtiment est un des meilleurs qu'on ait construits.

Voici un tableau donné par M. Marestier, qui peut être utile à consulter.

Dimensions des bateaux.	Port en tonneaux.	160	200	260	320	400	500
		m	m	m	m	m	m
	Longueur sur le pont.	22,5	27	33	37,5	40,5	42
	Largeur.	6,6	7,2	8,1	9,6	10,2	10,8
	Tirant d'eau.	1,2	1,5	1.8	2,1	2,1	2,55
Nombre de chevaux de la machine.		20	30	40	60	80	100
		m	m	m	m	m	m
Cylindre.	Diamètre en mètres.	0,60	0,75	0,90	1,00	1,10	1,20
	Hauteur.	1,50	1,50	1,55	1,55	1,80	1,80
Chaudière.	Longueur en mètres.	4.80	6,00	6.00	6,60	6,60	7,20
	Largeur.	2,40	2,55	2,70	3,00	3,15	3,60
	Hauteur.	2,10	2,40	2,40	2,70	3,00	3,00
Diamètre des roues à aubes.		4,80	5,10	5,40	5,40	5,70	6,00
Aubes.	Longueur.	1,50	1,65	1,80	1,80	2,10	2,10
	Hauteur.	0.60	0.60	0,75	0,90	0,90	0,90
		t	t	t	t	t	t
Poids de la machine en tonnes.		20	25	30	35	40	45
Prix avec la chaudière en cuivre (en mille fr.).		65	75	96	123	150	177

Beaucoup d'autres modifications ont été apportées aux détails de disposition et de construction des machines, non-seulement pour la navigation, mais aussi pour les ateliers. Ce serait sortir étrangement du plan de notre Dictionnaire que d'entreprendre de les énumérer ici. Ces sujets ne peuvent être convenablement traités que dans un ouvrage spécial; il doit nous suffire d'avoir exposé la théorie des machines à vapeur, expliqué leur jeu et leur mécanisme, indiqué ceux de ces appareils qui sont plus ordinairement en usage, et fait remarquer les avantages et les inconvéniens propres à chacun.

On vient d'inventer en Amérique des bateaux de nouvelle forme dont la vitesse surpasse celle des bateaux employés en Europe. Ce sont deux doubles cônes opposés par leurs bases, et réunis ensemble par des barres transversales : la machine à vapeur est établie au milieu d'un pont fixé au dessus de ces cônes. On a aussi accouplé deux bateaux très allongés, réunis l'un à l'autre, et ayant leurs axes parallèles : entre eux, on laisse un intervalle où l'on place la roue à aubes ; deux machines la font tourner ; elles sont placées, à l'ordinaire, au milieu de chaque bateau. La théorie apprend que la résistance de l'eau croit comme le carré de la vitesse. Ainsi, pour qu'un navire marche deux fois plus vite, il faudrait lui appliquer une force quadruple ; mais, en réalité, les choses sont loin de se passer ainsi. Il parait que la vitesse d'impulsion donne à l'axe du navire une position inclinée; que le bâtiment sort en partie de l'eau, et ne plongeant plus à une aussi grande profondeur, la résistance du fluide diminue beaucoup. On fabrique actuellement, chez M. Cavé, des *bateaux doubles ou américains;* ils sont en tôle de fer, et on s'en promet les plus heureux résultats.

Calcul de la force d'une machine à vapeur.

Nous distinguerons ici deux cas, selon que la machine est actuellement en travail, et qu'on en demande la force, ou bien qu'avant de la construire, connaissant la force qu'elle doit avoir pour remplir sa destination, on veut lui donner les dimensions et la marche propres à produire l'effet qu'on en attend.

I. Soit D le diamètre du cylindre exprimé en centimètres, h la hauteur de sa course exprimée en mètres et fractions décimales, n le nombre de pulsations du piston par minute : ce nombre est ordinairement de 30 à 50; mais dans les machines à vapeur à double effet, il faut le doubler, c'est-à-dire compter l'allée et le retour, tandis que, dans celles à simple effet, on ne compte que l'un des deux.

$\frac{1}{4}\pi D^2$ est l'aire de la base du piston en centimètres carrés, et par conséquent le nombre de kilogrammes dont sa tige est chargée par une seule pression atmosphérique, et $\frac{1}{4}\pi D^2 h$ est le poids en kilogrammes élevé à un mètre de hauteur par une course de piston; enfin $\frac{1}{4}\pi D^2 h n$ le nombre K de kilogrammes ou litres d'eau élevés à un mètre par minute, savoir:

$$K = 0{,}7854\, D^2\, h\, n.$$

La force d'une machine à vapeur s'énonce ordinairement en prenant pour unité celle du Cheval (*V.* ce mot), et cette unité, qui est purement conventionnelle, est représentée par un poids de 4500 kilogrammes élevés à un mètre par minute; de sorte qu'en divisant le nombre K par 4500, on aura la force de la machine exprimée en chevaux de vapeur. Nous répéterons ici que cette force est supérieure à celle des chevaux ordinaires; qu'en supposant même qu'elle lui soit égale, on ne doit pas oublier que ces animaux ne peuvent travailler que 8 heures par jour, tandis que la machine peut fonctionner sans cesse, et qu'il y a même avantage à le faire pour ne pas laisser refroidir les fourneaux et l'appareil; en sorte que chaque cheval de vapeur en représenterait un constamment attelé, et par conséquent tiendrait lieu de trois chevaux.

Nous avons admis, dans ce calcul, que la machine ne fonctionnait que sous la pression atmosphérique; mais si la tension de la vapeur était, 2, 3, 4, 5 atmosphères, il faudrait multiplier le résultat par 2,3,4,5.... Ainsi, on devra consulter le manomètre de la machine pour connaître la force élastique de la vapeur, et multiplier K par cette force, exprimée en prenant celle de l'atmosphère pour unité. Toutefois, il faudra retrancher une atmosphère quand la machine travaillera à vapeur perdue; et pour les machines à condensation, on soustraira de la tension manométrique environ un quart d'atmosphère, pour tenir compte de la petite résistance sur la face opposée du pispiston, causée par la vapeur qui la repousse, provenant de l'imperfection du vide.

Ainsi, supposons que le cylindre d'une machine ait 41 centimètres de diamètre, et que le piston, de 1^m 3 de course, fasse 32 pulsations par minute, agissant à double effet, sous la pression de 3 atmosphères et un quart, avec condensation. On prend $D=41^{cm}$, $h=1^m,3$, $n=64$:

4 1	2185,3	139 859,2
4 1	6 4	0,785 4
4 1	8741 2	55 9 436 8
164	131118	699 2 960
168 1 m car	139859,2	11188 7 36
1,3		97901 4 4
504 3		K = 109845,4 156 8
1681		
2185,3		

Multipliant K par le nombre 3 des atmosphères de tension (en ôtant $\frac{1}{4}$ à cause du vide imparfait sur la base opposée du piston, ainsi qu'on l'a expliqué), on trouve que la machine élève 329536 kilogrammes ou litres d'eau à 1^m par minute, et divisant par 4500, on voit que sa force est de 73,23 chevaux. Mais comme le vide du condenseur n'est jamais parfait, que la vapeur se refroidit en entrant dans le cylindre, etc., on doit diminuer ce résultat d'un tiers environ, la machine n'est guère de la force utile que de 48 à 50 chevaux de vapeur.

Il faut remarquer que, presque toujours, on ne fait agir la vapeur qu'avec détente, parce qu'on y trouve de grands avantages. Dans ce cas, ce n'est pas la tension de la vapeur de la chaudière qu'il faut prendre pour facteur, mais la moyenne des tensions, depuis le haut jusqu'au bas de la course du piston. Supposons que la vapeur ne puisse entrer librement que jusqu'à le moitié de la course, et que le reste soit produit avec détente, on a vu, à l'article Vapeur, qu'il faut alors remplacer la tension variable, par la pression moyenne 0,822 par chaque atmosphère. On ne doit donc réputer la pression que de trois fois $\frac{1}{4}$ ce nombre, ou 2,67, et même on devra diminuer ce résultat d'un quart d'atmosphère, à cause du vide imparfait, ce qui réduit ce nombre à 2,47; c'est la valeur actuelle du facteur de K. La force comprimante ne serait donc que de 271318 kil. élevés à 1^m, ou 60 chevaux.

Au reste, lorsqu'on veut connaître la force d'une machine actuellement en exercice, le plus sûr est d'éprouver la puissance de l'arbre tournant, en se servant de moyens dynamométriques, et, en particulier, du frein de M. Prony. *V.* Frein.

II. Passons maintenant au cas où l'on veut établir une machine qui soit capable de produire une force donnée. On commencera par faire choix de l'espèce de machine

qu'on préfère pour l'usage dont il s'agit ; on déterminera le degré de tension de la vapeur sous lequel elle doit fonctionner, dans quelle étendue du cylindre on veut opérer la détente, etc. Toutes ces conditions, arbitraires en elles-mêmes, sont souvent plus ou moins fixées par des convenances particulières de localités, ou par des circonstances spéciales.

Cela fait, on doublera le nombre de chevaux demandés, afin de faire la part des frottemens, des pertes et des résistances ; on multipliera par 4500, pour convertir la force des chevaux en kilogrammes élevés à un mètre de hauteur, et on divisera par le nombre d'atmosphères de tension qu'on veut donner à la vapeur (ou par la tension moyenne, dans le cas de détente). On aura ainsi le nombrs de kilogrammes que la machine doit élever à 1 mètre de hauteur par minute. Ce sera la valeur de K ; en sorte que, dans l'équation ci-dessus, $K = 0,7854\ D^2\ h\ n$, le premier membre sera connu.

Il ne restera plus qu'à trouver les nombres D, *h* et *n*, qui satisfont à cette question ; problème indéterminé, qui admet une multitude infinie de solutions. Par exemple, on pourra se donner deux de ces trois nombres à volonté, et résoudre l'équation par rapport au troisième. Bien entendu que les valeurs qu'on prendra pour ces deux arbitraires ne devront pas conduire à une valeur impraticable pour l'inconue, c'est-à-dire à faire mouvoir trop rapidement le piston, ou à lui donner une course trop longue (1), etc.

Le calcul des autres parties de la machine est facile à faire. En évaluant à 30kil. par force de cheval et par heure le poids de l'eau réduite en vapeur nécessaire aux fonctions, on a $0^k,5$ pour le poids d'eau par minute, et on en conclut la dépense de la chaudière à chaque coup de piston, ce qui en détermine le volume, parce qu'un mètre carré de surface de chauffe réduit 45 à 50 litres d'eau en vapeur, et que la chambre à vapeur n'est guère que le tiers ou la moitié de la capacité de la chaudière. De là résulte ensuite l'épaisseur de la tôle, d'après les données ci-devant établies. Pour vaporiser 5 à 6 kil. d'eau, il faut brûler 1 kil. de houille, ce qui détermine l'étendue du foyer et du cendrier.

Pour condenser la vapeur, la pompe d'injection doit être proportionnée à sa quantité. En divisant $0^k,5$ par le nombre de courses du piston en une minute, on aura la quantité de vapeur à condenser par force de cheval. Supposons qu'il se passe 80 excursions, $0^k,00625$ sera le poids de la vapeur dépensée pour chacune, et dont il faut opérer la condensation pour chaque cheval ; que la température de l'eau d'injection soit à 17 degrés centigrades, et celle de l'eau, après qu'elle est condensée, 32°, la perte est de 15°. Or, on sait que la vapeur perd 550° pour passer de l'état de gaz à celui de liquide, l'une et l'autre à 100° ; faisons cette proposition : S'il faut 5,50 grammes d'eau pour

(1) La règle pratique que suivent les constructeurs de machines à vapeur consiste à donner 14 centimètres de diamètre au piston pour avoir la force d'un cheval, dans les machines à double effet et à condensation, sous une pression peu supérieure à celle de l'atmosphère ; ils admettent que la vitesse du piston n'est que d'environ 1 mètre par seconde ; mais dans les machines faibles, ils regardeut cette vitesse comme un peu trop grande. Lorsqu'ils veulent construire des machines de la force de plusieurs chevaux, ils font croître la surface du piston de sorte que les carrés des diamètres soient comme 1 au nombre des chevaux, c'est-à-dire qu'*ils multiplient* 14 *par la racine carrée de ce nombre*. Ainsi pour une machine de

2 chevaux, diamètres......	19,8cm
3........................	24,2
4........................	28,0
5........................	31,3
6........................	34,3
7 chevaux, diamètres......	37,0
8........................	39,6
9........................	42,0
10........................	44,3
12........................	48,5
16........................	56,0
20........................	62,6
25........................	70,0
etc.	

Pour énoncer les dimensions d'un piston, les constructeurs se servent d'une locution ; c'est celle de *pouces circulaires*, ou cercle d'un pouce de diamètre. En faisant le carré du diamètre en pouces, on a le nombre de cercles d'un pouce contenu dans la surface. En effet, le cercle dont le diamètre est D a pour surface $S = \frac{1}{4} \pi D^2$, celle du cercle d'un pouce est $s = \frac{1}{4} \pi$, d'où $S = s D^2$, ce qui démontre la proposition. Ainsi, lorsqu'on dit qu'un piston a 144 pouces circulaires, cela signifie que 144 est le carré de son diamètre, ou que ce diamètre est de 12 pouces, ou que la surface équivaut 144 cercles d'un pouce de diamètre.

liquéfier un gramme de vapeur à 100°, combien faut-il d'eau pour 15 degrés ? savoir : 15° : 5g,50 : : 100° : = 37g ; c'est-à-dire que, pour condenser 1 gramme de vapeur à 100°, il faut injecter 37 grammes d'eau à 17°. Ainsi, pour les 0k,00625 de vapeur à chaque course, on trouvera 0,23125 grammes à injecter par force de cheval. Les dimensions de la pompe d'injection devront être calculées pour satisfaire à cette condition.

Les volumes d'eau et d'air à soustraire du condenseur étant très variables, on force ordinairement les dimensions de la pompe à air.

Lorsqu'on veut comparer les effets de deux machines à vapeur, il suffira de calculer, par les procédés précédemment décrits, les forces de chacune exprimées par le nombre de kilogrammes élevés à 1 mètre dans le même temps, tel qu'une minute ou une heure. Mais ce qui est surtout important, c'est de comparer les dépenses aux forces produites. Voici comment on fera ce calcul :

Admettons qu'une machine à vapeur ait élevé 400,000 kilogr. à 20 mètres de hauteur en 30 heures, ce qui fait 266,666 k à 1m par heure, et qu'on ait brûlé 10 kil. de houille, on voit qu'un kil. a produit près de 27 dynamies. En faisant le même calcul pour une autre machine, on verra de suite laquelle est la plus dispendieuse. On sait qu'un kilogramme de houille peut produire 140 dynamies ; on voit donc que l'effet utile de la machine prise pour exemple n'est que le cinquième de la force que peut développer la vapeur d'eau.

Nous ne pourrions nous étendre plus longuement sur des détails de ce genre, auxquels le lecteur intelligent peut d'ailleurs facilement suppléer, en recourant aux données numériques de notre article, et à celles qui sont répandues en divers endroits de ce Dictionnaire, sans dépasser les limites réservées à ce sujet. Fr.

VARANGUES. (*Arts mécaniques.*) Ce sont des chevrons de bois courbes, entés et rangés de distance en distance, à angles droits et de travers, entre la quille et la *carlingue* (on appelle ainsi la plus longue et la plus grosse pièce de bois du fond de cale). La carlingue se pose sur toutes les varangues, et sert à les lier à la quille ; le pied du grand mât porte sur elle. Fr.

VARECH. (*Fucus.*) On désigne sous ces noms des plantes marines de la famille des Algues, ou hydrophytes, renfermant un nombre considérable d'espèces dont les formes sont très-diversifiées. En général, elles adhèrent aux rochers et autres corps sous-marins par un empâtement ou pédicule qui est quelquefois d'une longueur considérable, et permet aux frondes, c'est-à-dire à la partie plane, de venir flotter à la surface des eaux.

Certains varechs sont au contraire toujours nains, et leurs frondes, au lieu d'offrir une surface large, sont divisées en segmens ténus ; d'autres ne forment que des filets fins ou des sortes de cordes pleines ou creuses.

Ce n'est pas seulement dans leurs formes que les fucus sont très-variés ; il en est de même de leur consistance et de leur couleur. Certains fucus se déchirent avec facilité, tandis que d'autres offrent beaucoup de tenacité dans leur texture. Leur couleur offre les différentes nuances de vert et de purpurin. Le nombre immense des plantes marines que les botanistes, depuis Linnée, ont décrites sous le nom générique de *fucus*, a nécessité leur subdivision en plusieurs genres. On peut à cet égard consulter la collection des *Algues de Normandie* publiée par M. Chauvin de Caen.

Les varechs ne laissent pas que d'avoir une certaine importance dans leurs applications ; on emploie, dans plusieurs contrées du Nord, quelques-uns d'entre eux, et spécialement les *fucus edulis, dulcis, saccharinus, esculentus* et *palmatus*, comme aliment, après les avoir fait bouillir dans l'eau. M. Vauquelin a constaté l'existence d'un principe sucré, analogue à la mannite, dans le fucus saccharinus et plusieurs autres espèces à frondes larges qui constituent le genre Laminaria.

Les cendres des varechs qui abondent sur les côtes maritimes contiennent une grande quantité de sels et une faible proportion de carbonate de soude. On extrait ces substances solubles par lixiviation et rapprochement ; on nomme soude de varechs le résidu aggloméré en masses grisâtres de la combustion de ces végétaux ; les sels extraits, blancs et pulvérisés, se nomment sels de soude de varech, ou soude de varech raffinée. On sait que c'est dans les eaux mères de la soude obtenue par l'incinération des fucus, que M. Courtois a découvert l'iode, corps simple métalloïde, dont quelques préparations sont usitées en médecine. *V.* les articles Iode, Sel marin et Soude.

L'abondance des varechs sur les côtes de l'Océan les a fait servir à l'engrais des terres. En Bretagne et en Normandie, les agriculteurs en font un grand usage; on en obtient le maximum d'effet, comme engrais organique et comme stimulant de la végétation, en les enterrant aussitôt après les avoir étendus sur le sol.

Quelquefois, afin de diminuer leur volume et les frais de transport, on les abondonne en tas à la désaggrégation spontanée; mais les gaz infects qui s'en exhalent alors accusent une grande déperdition des principes utiles. Certains cultivateurs préfèrent les abandonner sous les pieds des chevaux dans les chemins; d'autres enfin les mêlent avec des fumiers avant de les répandre.

Les varechs sont tellement recherchés dans ces parages, que des réglemens administratifs ont fixé l'époque de leur récolte.

Elle n'est permise qu'entre les pleines lunes de mars et d'avril, c'est-à-dire après que les granules reproducteurs se sont répandus, et avant que le frai des poissons n'ait été déposé sur ces plantes.

On donne aussi aux bestiaux les fucus mêlés avec le fourrage, et l'on observe que leur saveur salée est agréable et avantageuse à ces animaux.

De même que la plupart des substances marines, ils jouissent réellement de propriétés vermifuges très-prononcées. Le *fucus helminthocorton*, ainsi que d'autres petites espèces, sont fréquemmment usités, et leur mélange forme ce qu'on nomme en pharmacie *mousse de Corse*.

Nous avons dit que certains *fucus* étaient employés comme alimens. Nous ajouterons que le *fucus corneus*, Turner (*Gelidium corneum*, Lamouroux), est une plante marine des mers de l'Inde, avec laquelle les hirondelles salanganes construisent leurs nids; ces nids sont des mets fort recherchés des Chinois et des autres peuples de l'Asie orientale.

La consistance et la tenacité de quelques *fucus* ont de l'analogie avec celles du caoutchouc. Les habitans de la Nouvelle-Hollande se servent des frondes d'une espèce de laminaire (*Laminaria* ou *fucus patatorum*, de Labillardière) pour former une sorte de vase dans lequel ils puisent l'eau. Ces vases sont presque aussi durs que de la corne ou du cuir bouilli.

L'analyse du *fucus vesiculosus* a été faite par plusieurs chimistes, mais elle a offert des résultats assez peu concordans; il est toutefois certain que les varechs, dont il se fait une énorme consommation pour les usages indiqués, contiennent une proportion notable de matière organique azotée, et que leurs cendres donnent divers sels, notamment du sulfate de potasse, des chlorures et iodures de sodium et de potassium, et une petite quantité de carbonate de soude : la présence de la matière azotée et d'autres corps organiques décomposables explique l'action du fucus comme engrais, et l'on voit que les sels précités rendent compte de leur effet stimulant. Ce sont aussi les mêmes sels qui donnent lieu au traitement des varechs incinérés, soit pour en obtenir la *soude de varech brute*, usitée comme fondant des verres communs, soit pour en extraire l'iode employé en médecine; la *soude raffinée*, qui peut servir dans la composition des verres à vitres ou même de la gobletterie; soit enfin pour retirer à part le sel marin (chlorure de sodium), usité dans l'économie domestique et divers arts industriels, et le sulfate de potasse propre à la fabrication de l'alun et du salpêtre.

Voir les mots Iode, Soudes, Sel marin, Verres, Alun et Salpêtre. P.

VARLOPE. (*Technologie*.) Outil de Menuisier, qui sert à unir et polir le bois en planche ou en longueur. Nous l'avons décrit dans cet article. On distingue la *grande* et la *petite varlope*; elles ne diffèrent entre elles que par leurs dimensions. Quelques ouvriers donnent le nom de *demi-varlope* à un outil construit comme la varlope, et qui n'en diffère que par le fer, qui, dans celle-ci, est un peu arrondi en formé de gouge. Il sert à dégrossir l'ouvrage. La plus grande partie des ouvriers le nomme Riflard. (*V.* ce mot et Menuisier.)

L.

VASISTAS. (*Technologie.*) On donne en général ce nom à une petite partie mobile d'une porte, d'une portière de voiture, d'une fenêtre, afin d'établir à volonté un courant d'air utile et souvent indispensable pour l'assainissement d'une pièce, d'un appartement habité, dans lesquels l'air ne circule pas suffisamment. Le vasistas le plus souvent employé se place dans la coudée d'une fenêtre : on enlève un carreau de verre, on le monte dans un châssis en tôle mince ou en fer-blanc, qui peut jouer à charnières dans le cadre disposé pour le recevoir. Ce cadre est consolidé dans l'ou-

verture qu'occupait précédemment le carreau. Par ce moyen, on peut ouvrir à volonté le *vasistas* toutes les fois qu'on le juge nécessaire. (*V.* les mots ASSAINISSEMENT, CHEMINÉES, VENTILATION, etc.) FR.

VEILLEUSE. *V.* LAMPE.

VEINE FLUIDE. (*Arts physiques.*) Lorsque l'eau s'échappe d'un vase par un orifice circulaire, l'expérience montre qu'il se produit, à la sortie du jet, une sorte d'étranglement qui lui donne la figure d'un cône; en sorte que la dépense effective, dans un temps donné, n'est pas celle qu'indique la théorie. Il y a eu récemment des recherches curieuses à ce sujet, entreprises par M. Savart; mais, tout intéressans que soient les résultats auxquels il est arrivé, nous ne pouvons en donner ici le détail, parce qu'ils sont plutôt du domaine de la haute physique que propres aux applications pratiques. Nous nous bornerons donc à dire que la dépense d'eau d'un réservoir n'est que les 0,62 de celle qui aurait lieu sans la *contraction de la veine fluide*, lorsque l'orifice est percé dans une mince paroi, et que le niveau de l'eau est maintenu constamment à une hauteur convenable au-dessus de cet orifice. Le facteur 0,62 varie d'ailleurs quand les conditions changent. *V.*, à cet égard, l'art. ÉCOULEMENT. FR.

VÉLIN. (*Technologie.*) Le *vélin* est une sorte de parchemin fait avec la peau de veau. *V.* PARCHEMINIER. L.

VÉLOCIFÈRES. (*Technologie.*) Voitures ainsi nommées, parce qu'elles sont supposées rouler avec plus de facilité et de légèreté que les autres, et par conséquent aller plus vite. Dans les vélocifères, les essieux, les roues, et la manière de construire et de suspendre la caisse, sont exécutés sur de nouveaux principes. On trouve tous les détails de ces constructions, qui ont donné naissance aux voitures ordinaires adoptées par les messageries pour le transport des voyageurs, dans la Collection des Brevets expirés, tome VII, page 263; t. XI, page 232; tome XIV, page 249. L.

VÉLOCIPÈDE. (*Technologie.*) On a donné ce nom à une sorte de voiture qu'on avait d'abord appelée *Draisienne,* du nom de son auteur; elle était destinée, en premier lieu, à ne porter qu'une seule personne, qui la faisait marcher et la conduisait sans chevaux; ensuite, on la construisit de manière à en porter trois, dont deux étaient assises l'une à côté de l'autre, comme dans un petit cabriolet, et sur le devant; le conducteur était placé sur le derrière, dans la même position que dans celle à une seule personne, et la faisait marcher. La description de la première machine fera facilement concevoir la seconde.

Cette première *Draisienne* était formée de trois pièces principales : 1° une longue perche d'environ huit pieds, qu'on appelait le *brancard,* solide; 2° deux roues placées l'une au devant de l'autre, très-légères, ayant chacune environ trente pouces de diamètre; 3° des doubles chapes en fer, fixées solidement par une de leurs extrémités sur les deux côtés du branchard et vers ses deux bouts, embrassaient chaque roue, et portaient les essieux sur lesquels elles roulaient avec la plus grande facilité. Les circonférences des deux roues étaient à une distance d'environ deux pieds l'une de l'autre.

Sur le dessus du brancard, et vers le milieu de la distance qui séparait les roues, était fixé un siége rembourré faisant la fonction d'une petite selle, sur laquelle se plaçait à califourchon la personne qui voulait voyager; ses talons se trouvaient environ à deux pouces de la terre ou du pavé, de sorte qu'en baissant le bout du pied, il lui était facile de frapper la terre, et de lui donner une impulsion suffisante pour faire avancer la machine entière. Cette manière de voyager était singulière, et l'on a vu pendant quelques mois des jeunes gens parcourir à Paris les boulevards avec une grande vitesse. On conçoit qu'il fallait être bien exercé pour maintenir l'équilibre; ceux qui les montaient prétendaient que cet exercice n'était pas fatigant. Le siége de cet établissement était dans le parc de Mouceaux.

En 1829, nous trouvant dans ce parc, nous fûmes témoins d'un pari que fit un jeune homme de cet établissement, d'aller déjeûner à Saint-Cloud, chez un aubergiste désigné, et d'être de retour dans deux heures. Il gagna effectivement son pari, et apporta le certificat de l'aubergiste, qui attesta l'heure de son arrivée, le temps de son déjeûner, le détail de ce qu'il avait mangé, et la minute de son départ, pris sur la montre qu'il portait, et qui au moment du départ avait été réglée sur celle qui appartenait à celui qui avait parié, et qui fut déposée en main tierce. Il n'avait mis qu'environ 40 minutes pour aller, et autant pour le retour. Il ne paraissait pas fatigué.

La voiture à trois personnes est construite de même; la seule différence consiste en ce que le petit cabriolet découvert qui est par devant est porté par deux petites roues, qui remplacent la roue de devant du vélocipède à une place, et que ce cabriolet est fixé solidement au brancard du *vélocipède*. Le conducteur est placé comme dans l'exemple précédent, et fait marcher l'appareil entier avec ses pieds, frappant la terre alternativement de droite et de gauche. Comme dans cette voiture à trois roues on n'avait pas besoin de s'occuper de garder l'équilibre, nous avons essayé de conduire deux personnes dans les allées du parc, et nous avons été surpris du peu de résistance que nous éprouvions. Nous ignorons quel est le motif qui a fait abandonner cette invention, dont il nous paraît qu'on aurait pu tirer quelque avantage. L.

VELOURS. (*Technologie.*) On a donné le nom de *velours* à une étoffe très-anciennement fabriquée dans l'Inde; elle est velue d'un côté et rase de l'autre. Elle se fabrique sur le métier de tisserand, par des procédés particuliers. Elle a deux chaînes, dont celle qui est placée inférieurement forme le bâti ou le corps de l'étoffe; la chaîne supérieure sert pour le poil, qui s'entrelace avec la trame et la chaîne inférieure qui, par là, prend de la solidité.

Nous sortirions de notre cadre, si nous entreprenions de décrire l'art de fabriquer les velours de toute espèce que l'industrie est parvenue à exécuter; un gros volume ne serait peut-être pas suffisant pour faire bien comprendre toutes les diverses manipulations qu'il exige, sans compter la grande quantité de planches qu'il faudrait employer pour nous rendre parfaitement intelligibles. Nous ne pourrions d'ailleurs que répéter ce qu'a écrit avec beaucoup de clarté le savant Roland de la Platière, dans l'Encyclopédie méthodique, division des *Arts et Manufactures*, t. II, page 109 et suivantes.

Nous avons parcouru les plus belles fabriques de Lyon et de Paris; nous nous sommes convaincu que l'on n'a rien ajouté d'important à cette fabrication, et qu'on peut s'en tenir parfaitement à la description de notre auteur, qui, dans l'énumération des diverses sortes de velours que l'on fabrique, assure qu'on en fait de velus sur les deux surfaces, qui sont alors à deux endroits et même de deux couleurs opposées, l'une d'un côté, l'autre de l'autre. Quoique nous n'en ayons jamais vu, nous concevons aisément que cela peut être fait facilement, puisque la couleur dépend du poil, et qu'alors chaque chaîne qui le fournit peut produire une couleur différente.

On fait des velours unis sans figures, ni rayures; on les appelle *pleins*, et on les distingue par le nombre de poils que porte la chaîne, et qui vont d'un et demi à quatre : on les nomme alors *velours à quatre*, *à trois*, *à deux poils*, etc. On en fait de *raz*, de *figurés* à *ramages*, de *frisés*, de *découpés* et *frisés* à *carreaux*, de *cannelés*, de *chinés*, etc. Dans l'ouvrage cité, Roland de la Platière a décrit parfaitement la manière de fabriquer toutes ces sortes de velours de soie.

Le coton, la laine, sont aussi employés à faire des velours. Ceux en coton, qu'on nomme *velours de coton*, sont aussi très-bien décrits par le même Roland de la Platière, dans la Collection des Arts et Métiers de l'Académie des Sciences, in-folio avec beaucoup de planches.

Il a aussi décrit l'art de fabriquer le velours avec la laine, et qu'on nomme *velours d'Utrecht*. On trouve cette description dans la même Collection, qui comprend aussi l'art de fabriquer les pannes et les peluches.

On a admiré à toutes les expositions de l'industrie les beaux velours de M. Grégoire, imitant la peinture. Cet artiste est parvenu à tisser des tableaux en velours avec une correction et une perfection qu'il ne paraissait pas possible d'atteindre. Les portraits qu'il exécute en velours sur ses métiers sont d'une ressemblance parfaite, avec une correction de dessin et un fini d'exécution que le pinceau du peintre le plus habile aurait peine à surpasser.

Cet artiste présenta aux dernières expositions une série de tableaux en velours qui furent généralement admirés. Le jury combla d'éloges M. Grégoire, et lui décerna une médaille d'argent, qu'il avait reçue à toutes les autres expositions précédentes. « La découverte de cet artiste, dit le jury, doit tenir une place distinguée dans l'histoire des progrès de l'industrie. On n'apprendra pas sans admiration qu'on soit parvenu à trouver un procédé tel qu'un ouvrier ordinaire, ne sachant que faire des velours, puisse, dans l'espace de quelques heures, tisser une peinture qui, par les moyens ordinaires de l'art, exigerait, pour être aussi parfaite, beaucoup plus de temps et

la main d'un habile artiste. De toutes les fabrications de tissu où l'on se propose d'imiter les effets de la peinture, c'est celle qui, pour des objets délicats, approche le plus de la perfection; et, ce qui est plus étonnant, c'est qu'elle emploie bien moins de temps qu'une autre dans ses dispositions préparatoires. » Ce sont les propres paroles des membres de la Société d'Encouragement, année 1805, page 144.

Son procédé, qui paraît réunir les deux moyens employés aux Gobelins pour la fabrication des tapis de pied et des tapisseries, a le précieux avantage de faire avec la même facilité une contre-épreuve exacte des tableaux.

Nous avons dit plus haut que la fabrication du velours n'a pas varié quant à la main-d'œuvre et aux métiers. Elle a reçu cependant quelques perfectionnemens importans quant aux substances qu'on emploie, surtout pour la chaîne principale, qui donne la solidité à l'étoffe. Autrefois, on employait le fil écru, tant pour chaîne que pour trame, ce qui donnait au fond de la pièce un ton jaune qu'on apercevait lorsque le velours était léger, c'est-à-dire lorsqu'il était fabriqué à un poil et demi ou deux poils. Plusieurs fabricans eurent l'heureuse idée de faire teindre ces fils de la couleur que devait porter le velours.

On trouve, dans le tome IV des Brevets expirés, page 164, le brevet de MM. Debard, Théoleyre et Dutilleu, pour la fabrication d'un *velours chiné réduit*.

On lit, dans la Description des Brevets qui sont expirés en 1833, une nouvelle manière de fabriquer le velours de soie, par MM. Goujon, Bonnaud et compagnie, de Lyon.

Dans le tome VII des Brevets expirés, page 277, on trouve la description d'une armature d'un métier propre à fabriquer, à l'aide de plusieurs ensouples et sans marche de poil, le velours léger, même celui en couleur, entièrement uni, et sans qu'on y aperçoive des raies ou sillons, inventé par MM. Charlier, Dubar et Remy, à Cologne.

Dans le tome XIV, page 288, même Collection, on lit la description des procédés mécaniques pour fabriquer des étoffes en soie chinées et unies, dites *velours d'Astrakan*, inventés par M. Fesquet, à Nîmes.

En 1833, on a publié, dans la même Collection, la description du brevet pris par MM. Boutard et Reverchon, à Saint-Étienne, pour un métier destiné à fabriquer à la fois plusieurs pièces de rubans ou d'étoffes l'une au-dessus de l'autre, et particulièrement les velours de Creveld, grande et petite largeur.

On trouve, dans la même Collection, beaucoup d'autres brevets pour des perfectionnemens dans la fabrication des velours de toute espèce. (*V.* les Catalogues imprimés.) L.

VELTE, mesure en usage dans le commerce des liquides spiritueux, et qui était de huit pintes de Paris. Depuis l'introduction du nouveau système métrique, le commerce ayant conservé cette unité, on a dû l'énoncer en litres; et comme la pinte vaut 0,9313 litres, la velte aurait dû être de 8 fois ce nombre. Mais, par des raisons que personne n'explique, le rapport 0,952 litres a prévalu, en sorte que réellement la velte vaut 7,61 litres; telle est la valeur adoptée dans les relations commerciales, et qui sert de base à toutes les opérations de calcul.

On est dans l'habitude de faire les stipulations soit *à tant* l'hectolitre, soit *à tant* les 27 veltes. Comme 27 veltes valent 205,45 litres, il s'ensuit qu'au prix de 100 fr. l'hectolitre, correspond 205 fr. 45 c. les 27 veltes. Rien n'est donc plus facile que de comparer les deux modes d'énonciation.

On donne le nom de *velte* à une règle dont on se sert pour déterminer combien un tonneau contient de litres. *Voyez*, à cet égard, l'article Jaugeage. Fr.

VENT. (*Arts physiques.*) On appelle *vent* le mouvement de translation plus ou moins rapide de l'air; ce mouvement paraît dû aux alternatives de froid et de chaud des localités. Qu'une grande étendue de pays soit vivement frappée des rayons du soleil, tandis que les contrées environnantes seront couvertes de nuages, la différence entre les températures de ces localités devra y établir des courans d'air; car l'air échauffé s'élève à raison de la diminution de sa densité, et se trouve nécessairement remplacé par de l'air venu des régions ambiantes plus froides. Cet effet peut s'accroître dans d'immenses proportions lorsqu'il s'y joint de grands phénomènes électriques, des pluies abondantes et qui augmentent le refroidissement de ces dernières régions; de vastes détonations atmosphériques; la formation de la grêle; les vides créés subitement dans l'atmosphère, ajoutent encore à la violence de ces mouvemens de l'air. Il est aisé de

comprendre pourquoi, sous la zone torride, dans des îles qu'aucune chaîne de montagnes n'abrite, les vents peuvent acquérir une impétuosité capable de dévaster les campagnes, de déraciner les arbres, de renverser les maisons, etc. Telle fut la tempête qui, aidée de l'effort des vagues, a renversé le fort construit au milieu de la digue de Cherbourg; tel fut l'ouragan qui a ravagé la Guadeloupe; celui qui a porté la désolation aux îles de France et de Bourbon, etc.

Si la surface de la terre était régulière et homogène, il y aurait des courans alternatifs dont les périodes coïncideraient avec les mouvemens du soleil. Mais la présence des montagnes, celle des vastes étendues de sable, les mers, les forêts, les courans d'eau, etc., en rompant les vitesses de l'air, les réfléchissant, les détournant, compliquent la marche du vent au point d'empêcher de prévoir laquelle de ces circonstances doit le plus influer dans des conditions données de saison et de température; en sorte que la loi qui régit les directions des vents est absolument insaisissable. C'est souvent à des causes fort éloignées du lieu que nous habitons qu'on doit la direction du vent qui y domine. Un orage violent qui éclate à 500 lieues de nous y détermine des courans d'air qui se font ressentir jusqu'auprès de nous. Et comme les prédictions météorologiques ont la direction de ces courans pour un de leurs élémens essentiels, il en résulte qu'il sera long-temps impossible de s'y livrer avec quelque espoir de succès. On ne peut guère prédire que les *vents alisés,* dont la direction est constante et dirigée d'est à l'ouest dans les contrées tropicales; ces vents sont l'effet de la rotation diurne de la terre en sens contraire. Quant aux vents appelés *moussons,* on les attribue à la différence d'action du soleil sur de vastes étendues de mers et de continens, et on les annonce d'avance, à l'époque de certaines saisons, d'une manière empirique, parce que l'expérience en démontre le retour, chaque année, vers la même date.

Il importe souvent de connaître la vitesse du vent. Coulomb l'obtenait en laissant voler des plumes très-légères et mesurant l'espace parcouru et le temps (1). En divisant l'un par l'autre, il obtenait la vitesse, c'est-à-dire l'espace décrit en une seconde. C'est ainsi qu'il a trouvé que les vents les plus ordinaires des continens parcourent 5 à 9 mètres par seconde; la vitesse des vents alisés n'est que de 2,6 à 3,2 mètres.

On trouve la note suivante dans l'Annuaire du Bureau des longitudes.

	Mètres par sec.	Par heure.
Vent à peine sensible. Vitesse.. . .	0,5	1800 m
Vent sensible. . . .	1,0	3600
Vent modéré. . . .	2,0	7200
Vent assez fort. . .	5,5	19800
Vent fort.	10,0	36000
Vent très-fort. . . .	20,0	72000
Tempête.	22,5	81000
Grande tempête. .	27,0	97200
Ouragan.	36,0	104400
Renversant tout. .	45,0	162000

La vitesse des vents impétueux a été calculée par la comparaison des contrées éloignées où la tempête s'était successivement propagée.

Les vents un peu forts ont quelquefois leur origine dans les points vers lesquels ils soufflent; ainsi, en 1740, Franklin éprouva à Philadelphie, vers les 7 heures du soir, une tempête violente du nord-est, qui ne se fit sentir à Boston que 4 heures plus tard, quoique cette ville fût au nord-est de la précédente. En comparant ensemble plusieurs rapports, d'autant plus exacts que, dans cette même soirée, on avait observé une éclipse de lune dans un grand nombre de stations, on reconnut que l'ouragan, qui partout soufflait du nord-est, s'avançait du sud-ouest vers le nord-est avec une vitesse de 160,000 mètres par heure. De là Franklin conclut que cette tempête fut produite par une grande raréfaction dans le golfe du Mexique.

Une tempête semblable du nord-est fut observée de nouveau sur cette côte d'Amérique en 1802: elle commença à Charles-

(1) Deux personnes étaient placées à une petite élévation, éloignées de 150 pieds l'une de l'autre dans la direction du vent; et pendant que l'une observait, l'autre comptait les secondes employées par une plume légère à traverser cet espace. On a encore essayé de mesurer la vitesse du vent par la course des nuages, ou par le changement qu'éprouve la vitesse du son par l'influence du vent; mais le premier procédé n'est au plus propre qu'à donner la vitesse du vent des hautes régions de l'air, qui diffère de celle qu'on cherche, et le second laisse des incertitudes si grandes qu'on ne peut y avoir confiance.

town, à 2 heures après-midi, et ne se fit sentir à Washington qu'à 5 heures; à New-York, qui est plus septentrionale que ces deux premières villes, elle commença à 10 heures du soir, et n'atteignit Albany qu'au point du jour du lendemain. Dans tout cet intervalle, la vitesse fut d'environ 160,000 mètres par heure.

La puissance du vent animé d'une grande vitesse est facile à concevoir et même à calculer; car le mètre cube d'air à zéro pèse 1,3 kilogrammes; et à 20 degrés centigrades, il pèse 1,21 kilogrammes, sous la pression de 76 centimètres. Une pareille masse, animée d'une vitesse convenable, doit choquer les corps et produire une force vive, qui, par la continuité de son action, croissante comme les carrés des vitesses, peut donner lieu à divers effets mécaniques. C'est ainsi qu'on peut employer le courant d'air chaud et ascendant d'un tuyau de cheminée à tourner une broche, qui ira d'autant plus vite que le feu sera plus vif. On s'en sert aussi pour manœuvrer le soufflet qui alimente le feu, etc. On comprend aussi comment il arrive que les ouragans exercent d'immenses ravages dans les contrées qu'il parcourt; comment l'action du vent sur les voiles d'un navire chasse ce bâtiment sur la surface des mers dans une direction qui dépend de celle des voiles et de l'action du gouvernail.

On mesure la force du vent, et même aussi sa vitesse, en se servant des appareils décrits à l'article Écoulement.

Prenez un très large tube MN en verre, courbé en siphon, et coudé comme le représente la fig. 7, pl. 19, des Arts physiques, et remplissez la courbure avec de l'eau, dont les niveaux s'élèvent en a et b dans les deux branches. Si vous présentez l'ouverture M à l'action directe du vent, le fluide sera déprimé; l'un des niveaux descendra en c, tandis que l'autre montera en f. La force du vent soutiendra donc la colonne fluide à la hauteur df, différence des deux niveaux. On mesurera cette hauteur, et le poids du cylindre d'eau exprimera la pression du vent.

Pour plus de commodité, on se sert d'un tube calibré, car alors bf est égal à ac ou bd; en sorte que, pour trouver la hauteur af, il suffira de doubler bf. Ainsi, on tracera sur le verre une échelle de milimètres dont le zéro sera en b, et on comptera chaque division pour 2 millimètres. Comme le vent le plus impétueux ne dépasse pas 50 mètres de vitesse par seconde, nous verrons bientôt que la branche N b ne doit guère avoir plus de deux décimètres de longueur. Il est bon de ménager un étranglement à la courbure inférieure pour arrêter en partie les oscillations de la colonne d'eau.

La pression exercée par le vent sur une aire d'un centimètre carré de surface est le poids d'une colonne d'un centimètre de base ayant la hauteur de la colonne d'eau soulevée; ainsi, cette force est exprimée par autant de grammes que cette hauteur contient de centimètres de hauteur. Sur une surface donnée, la pression serait ce nombre de grammes multiplié par le nombre de centimètres carrés de la surface, ainsi, pour un mètre carré, il faudra multiplier par 1000, ou, ce qui équivaut, changer les grammes en kilogrammes. Supposons que la colonne de l'instrument ait 52 millimètres, la pression sur le mètre carré serait de 5,2 kilogrammes.

On peut encore opérer en exposant une aire plane quelconque à l'action directe et perpendiculaire du vent, et mesurant la pression qu'elle éprouve en la retenant en équilibre par un ressort ou dynamomètre. Car si l'on divise cette pression exprimée en grammes par le nombre de centimètres carrés de la surface, le quotient sera la pression d'un centimètre, ou la hauteur de la colonne d'eau soulevée.

La théorie peut se servir de cette hauteur pour calculer la vitesse du vent. En effet, comme l'air est 770 fois moins pesant que l'eau, en multipliant la hauteur de la colonne par 770, on aura une colonne d'air équivalente, c'est-à-dire celle dont le poids représente la pression du vent, en grammes, sur un centimètre carré. Or, une colonne fluide, qui est contenue dans un vase et s'échappe par un orifice inférieur, y prend la *vitesse due à la hauteur de la colonne*, *vitesse* qui est $= \sqrt{(19^m,62 \times \textit{hauteur})}$. *V.* Écoulement. Ce doit donc être là celle du vent, puisque les pression sont les mêmes et agissent sur des masses égales. Ainsi, en nommant v la vitesse du vent, h la hauteur de la colonne d'eau soulevée par sa pression, h et v exprimés en mètres et fractions, comme $19,62 \times 770 = 15107$, on doit avoir $v = \sqrt{(15107 \times h.)}$

On a des moyens précis et indépendans de trouver v et h; plusieurs physiciens ont reconnu que cette formule ne s'accorde pas

avec les expériences, qui montrent seulement qu'en effet *les pressions ou hauteurs sont proportionnelles aux carrés des vitesses*, sans leur assigner pour rapport le nombre 15107. Il est vrai que, pour plus de précision, il faudrait, dans chaque cas, remplacer le facteur 770 par la densité de l'air, en ayant égard à l'état actuel de la température et de la pression barométrique. Mais, même avec ces conditions, la formule serait loin de représenter les faits observés. Borda trouve que le facteur 15107 doit être réduit à moins des $\frac{3}{5}$. En nous rapportant aux expériences les plus exactes, faites dans les limites de vitesses ordinaires (car dès que le vent parcourt plus de 22 mètres par seconde, Smeaton pense qu'on ne peut avoir aucune confiance dans les résultats, par des motifs faciles à comprendre), nous réduirons ce facteur à 8900. Ainsi nous poserons

$$v=\sqrt{8900\times h}.$$

v est la vitesse du vent, h la hauteur de la colonne d'eau qu'elle soulève, exprimées en mètres. Cette équation donne aussi h quand on connaît v; et, comme la pression du vent sur un centimètre carré de surface est d'autant de grammes (ou sur un mètre carré d'autant de kilogrammes) que h contient de centimètres, on en tire :

Pression du vent $= 0{,}0123\ v^2$.

v étant la vitesse du vent en mètres par seconde, et la pression étant exprimée en grammes sur un centimètre; si on la demande sur un mètre carré de surface, il faut multiplier par 10000. En général, pour avoir la pression sur une surface plane donnée, il faut multiplier par le nombre de centimètres carrés qu'elle contient. On trouve donc que, *pour un mètre carré de surface, et pour une vitesse du vent, par seconde, de*

		kil.
1 mètre	la pression =	0,123
2	=	0,492
3	=	1,107
4	=	1,968
5	=	3,075
6	=	4,428
7	=	6,027
8	=	7,872
9	=	9,963
10	=	12,300
11	=	14,883
12	=	17,712
13	=	20,787
14	=	24,108
15	=	27,675
16	=	31,488
17	=	35,547
18	=	39,852

Fr.

VENT (MOULIN A). (*Arts mécaniques.*) Molard a donné, à l'article MOULIN, la construction de ces machines aériennes considérées dans l'état de perfection où l'art les a amenées. Mais, outre qu'il s'est peu attaché à la partie expérimentale de ces appareils, et à la théorie des effets du vent, il n'a pas examiné les moulins tels qu'on les construit presqu'en tous lieux, et dont, sans beaucoup de dépenses, on tire un excellent parti. Nous croyons donc utile de revenir sur ce sujet pour le compléter.

La force motrice qu'on tire du vent peut être dirigée pour en obtenir divers effets, tels que la mouture des grains, le sciage des bois, le broyage des corps, les irrigations, la fabrication de l'huile, etc. Nous ne nous occuperons ici que de la mouture, laissant à chacun le soin de concevoir comment, par des combinaisons mécaniques, on peut transformer le mouvement de l'arbre tournant d'un moulin à vent, en un autre mouvement déterminé, pour produire un effet donné. Il ne sera d'ailleurs question ici que des moulins verticaux, c'est-à-dire ceux où l'arbre moteur est horizontal ou à-peu-près. Ce qui a été dit des autres, aux articles MOULIN et TURBINES, nous dispense d'y revenir.

Le vent est un moteur qui ne coûte rien; les courans d'eau n'existent au contraire qu'en certaines localités et coûtent très-cher; on n'en peut disposer qu'en ménageant d'autres droits, ou s'exposant à des procès; il faut éloigner les barrages, etc. Ces obstacles à l'établissement des roues hydrauliques font préférer bien souvent les moulins à vent. Mais ces machines agissent d'une manière si irrigulière, elles sont si souvent réduites à chômer, les réparations qu'elles exigent sont si coûteuses, qu'on ne s'en sert guère qu'à défaut d'autres moyens. Toutes les opérations qui exigent une force constante doivent les repousser; elles ne conviennent qu'à celles qui ne demandent le concours que d'un petit nombre de bras, et dont on peut, sans inconvénient notable, augmenter, diminuer, ou interrompre le travail. On peut diriger l'eau, la rassembler, en ménager la force, en obtenir des

effets réguliers; tandis qu'au contraire, il faut prendre la puissance du vent telle qu'elle est, sans pouvoir influer sur sa direction, ni son intensité; il faut s'en passer lorsqu'elle faiblit, y céder lorsqu'elle dépasse certaines limites; enfin le moteur fait un travail aussi irrégulier que lui-même. On estime qu'un moulin à vent chôme un tiers du temps, et travaille peu pendant un autre tiers; en sorte que les résultats qu'on en obtient ne peuvent guère s'évaluer qu'à celui que donnerait la force moyenne d'un vent de 7 à 8 mètres de vitesse par seconde, agissant seulement un tiers de l'année. Le capital, les hommes, dorment pendant la durée de ces repos forcés, les pertes se renouvellent et grèvent la fortune des propriétaires : aussi, ces derniers prospèrent-ils médiocrement.

Le vent ne se meut pas dans une direction absolument horizontale, et on a reconnu que les courans d'air agissent en plongeant vers la terre, sous des angles qui varient de 8 à 15 degrés. Aussi dispose-t-on l'arbre tournant B (fig. 2, pl. 68 des Arts mécaniques) dans une direction oblique à l'horizon, et qui est entre ces limites. Ont doit toujours *mettre le moulin au vent*, c'est-à-dire en diriger l'arbre B dans la ligne qu'il suit, en tournant le moulin de manière que cet arbre tende vers la région d'où le vent arrive, ce qui exige que le plan de circulation des ailes soit à-peu-près perpendiculaire au vent.

Cet arbre B, incliné de 8 à 15 degrés à l'horizon, tourne sur deux tourillons, dans des collets en fer, et est placé en haut d'un bâtiment en charpente qu'on appelle *Beffroi*. Ce bâtiment est revêtu de planches horizontales qui se recouvrent l'une l'autre par *imbrication*, comme les tuiles d'un toit; une couverture, aussi en planches, est disposée au-dessus du moulin, pour protéger l'arbre et le mécanisme intérieur contre la pluie et les autres phénomènes atmosphériques.

La charpente du beffroi est établie au sommet d'un cône F en maçonnerie, et y pivote sur une colonne centrale E, afin de pouvoir mettre le moulin au vent. Un petit CABESTAN portatif sert à cette manœuvre, chaque fois que la direction du vent change; car, comme on l'a dit, l'arbre B doit toujours être placé dans cette direction. Des piquets sont plantés circulairement en terre, à quelque distance autour de la maçonnerie conique; on attache le cabestan à celui de ces piquets qui est placé convenablement, et on fait tourner, à force de bras, le beffroi sur la colonne E, à l'aide d'une corde qui va, du cabestan, saisir un long levier G fixé au beffroi. Enfin il y a aussi une *échelle de meunier* H pour monter dans le moulin.

Dans les beaux moulins, on ne fait tourner que la toiture qui emporte avec elle l'arbre et les ailes. Cette toiture est établie en haut d'une tour en maçonnerie, et le mouvement est exécuté aussi par un cabestan et un levier (*V.* fig. 5), qui ne tient qu'au haut du système, et fait tourner la toiture sur des bandes en fer graissées, ou même garnies de galets. *V.* l'article MOULIN.

Venons-en maintenant à l'appareil qui communique la force du vent à l'arbre tournant B (fig. 2). Le bout antérieur et saillant hors du beffroi est carré, et percé de deux larges mortaises écartées et en croix, pour y fixer solidement les quatre ailes. A cet effet, cette extrémité est traversée par deux solives nommées *volans* BB' (fig. 3), qui ont environ 13 mètres de long sur 3 décimètres d'équarrissage; elles sont fixées à l'arbre, en leur milieu, par des coins qu'on force dans les mortaises. Les *entes* BC, B'C', sont des allonges en bois de 2 décimètres d'équarrissage et longs de 10 mètres, accolés sur une partie de leur longueur avec les volans, auxquels on les lie avec des frettes en fer et des écrous qui les serrent solidement. Ces entes allongent les volans chacun de 7 mètres, en sorte que chaque bras se trouve avoir 11 à 12 mètres de longueur.

De petites barres de bois appelées *lattes* *ab*, *cd*, *ef*, *pq*, croisent ces bras dans les mortaises, et sont disposées comme les bâtons d'une échelle; elles sont assemblées par leurs deux bouts aux *cotterets* *ap*, *bq*, longues barres qui bordent l'aile et sont à peu près parallèles aux bras, en forme de parallélogramme *gauche*. Quelquefois on les dispose en trapèze allongé, pour que l'aile soit plus large au bout extérieur.

La première des lattes *ab* est à un ou deux mètres du centre de l'arbre tournant B; c'est le commencement de l'aile. Il résulte de cet assemblage un treillis à grandes mailles quadrangulaires, sur lequel on tend une grosse toile pour recevoir l'impulsion du vent, et dont on proportionne l'étendue superficielle à la puissance du courant. Cette voile est attachée avec des cordons sur une

planche qui borde l'aile, et est appelée *bordage;* elle a environ 8 à 10 mètres de long sur 2 de large, ce qui, pour chaque aile, fait une surface qui peut avoir jusqu'à 20 mètres carrés.

Comme l'arbre tournant est incliné de 8 à 12 degrés à l'horizon, le plan de circulation des bras a cette même inclinaison, et se trouve perpendiculaire à la direction du vent. Mais les ailes ne peuvent pas se trouver dans ce même plan, puisque le vent ne les ferait pas tourner, et ne tendrait qu'à renverser le moulin. Les ailes sont donc obliques au plan de circulation, et même elles sont *gauches*, c'est-à-dire que leur parallélogramme est comme un peu tordu; de manière que les élémens transversaux, sur toute la longueur de l'aile, font des angles différens avec le plan de circulation. Cet angle est ce qu'on appelle l'*airage* de l'aile. Nous allons donner la règle de cette construction, qui a pour objet de décomposer l'action du vent, et de tirer le meilleur parti de sa force pour faire tourner l'arbre.

Divers savants se sont occupés de la théorie des moulins à vent, et ont cherché quelle était la forme la plus avantageuse à donner aux ailes. Les uns les veulent convexes ou concaves; les autres elliptiques; ceux-ci, triangulaires ou en trapèzes, ceux-là, coupés longitudinalement par les bras en deux rectangles inégaux; mais on ne regarde ces spéculations que comme des idées ingénieuses, trop difficiles à mettre à exécution, ou de nature à compromettre la durée de l'appareil, à le faire chômer, à exiger des dépenses, etc. C'est donc à la pratique qu'il faut en revenir, et, chose digne de remarque, l'expérience est parvenue à donner aux ailes une forme si bien appropriée à leur objet, que la science n'a, pour ainsi dire, rien trouvé de plus parfait, depuis qu'elle en a étudié les effets.

Quelques personnes ont proposé d'employer plus de quatre ailes; mais on a reconnu que ces assemblages ne laissent pas assez d'espace libre pour la fuite de l'air qui a exercé son action; et qu'on accroît ainsi les frais de construction sans avantage réel.

Parent, qui faisait l'aile en parallélogramme plan, avait trouvé, par le calcul, qu'il fallait l'incliner de 54° 44′ sur le plan de circulation du volant, du côté du vent. Bélidor et Pitot ont recommandé cette disposition comme préférable à toute autre. Mais s'il est vrai que cette condition convient au cas de repos, elle cesse d'être favorable lorsque le mouvement est imprimé, et qu'on veut le conserver de la manière la plus avantageuse. En effet, si la voile est un plan à inclinaison constante sur l'arbre, l'extrémité de l'aile, tournant avec une plus grande vitesse que la base qui est près de l'arbre, se soustrait en quelque sorte à l'action du vent, et n'en reçoit pas l'impulsion aussi avantageusement que les parties dont la vitesse est moindre. Il faut donc tenir compte de cette diminution de force, et faire en sorte que le vent agisse plus perpendiculairement sur la voile, en augmentant, vers l'extrémité, l'inclinaison de l'aile sur la direction du vent ou sur l'arbre.

Mais puisque la vitesse de chaque partie de l'aile est proportionnelle à sa distance au centre de mouvement, chaque élément rectangle et transversal de l'aile doit avoir une inclinaison différente, c'est-à-dire que cet angle doit varier d'un bout à l'autre de l'aile.

Voyons ce qu'on pratique en Hollande et en Flandre, où les moulins à vent sont plus nombreux qu'ailleurs, et ont été beaucoup perfectionnés. Il suit des observations de Coulomb et de Smeaton que les ailes montées à la manière hollandaise produisent à peu près l'effet maximum. Coulomb a examiné plus de 50 de ces machines aériennes aux environs de Lille, et a reconnu que chacune accomplissait, pour ainsi dire, la même quantité de travail, lorsque la vitesse du vent est de 6 à 7 mètres par seconde, quoiqu'elles eussent de légères différences d'inclinaison de leur arbre et de dispositions de leurs ailes, d'où il conclut que ces moulins doivent être disposés de la manière la plus favorable aux résultats.

Dans ces moulins, la distance de l'extrémité de chaque voile au centre de rotation, était de 11 mètres; les ailes étaient rectangulaires, d'à peu près 2 mètres de largeur, dont les cinq sixièmes étaient revêtus d'une toile tendue sur la carcasse, et le reste pour le bordage. La ligne de jonction du bordage et de la toile faisait, du côté qui fait face au vent, un angle sensiblement concave au commencement de l'aile, et décroissait peu à peu, jusqu'à devenir nul à son extrémité. Quoique la surface de la voile fût courbe, on peut la regarder comme composée de lignes droites perpendiculaires au bras qui soutient la carcasse et est l'axe de

l'aile, les extrémités de ces lignes correspondant à l'angle concave que forme la jonction de la toile et du bordage. C'est ce que les géomètres appellent une *surface réglée*, parce qu'une règle s'y applique dans toute sa longueur, quand on la pose sur l'aire perpendiculairement à l'axe, en l'un quelconque des points de cet axe.

Cette droite, au commencement de l'aile, c'est-à-dire à la distance de 2 mètres de l'arbre, fait un angle de 60 degrés avec l'axe de cet arbre; à l'autre extrémité de l'aile, la droite fuit un angle de 78 degrés quand l'arbre est incliné de 8 degrés à l'horizon, et de 84 degrés quand cet arbre est de 15 degrés. En d'autres termes, le plus grand angle de la voile est de 30 degrés, et le plus petit varie de 12 à 6 degrés, selon que l'inclinaison de l'arbre varie elle-même de 8 à 15 degrés. On se fera une idée juste de la surface gauche de la voile, en la considérant comme engendrée par le mouvement d'une droite sans cesse perpendiculaire à l'axe de l'aile, et qui, au commencement (c'est-à-dire à 2 mètres de l'arbre), ferait un angle de 600 avec l'arbre; puis, parcourant d'un mouvement uniforme toute la longueur du volant, augmenterait uniformément cet angle, jusqu'à ce qu'au bout de l'aile il soit devenu 78° à 84°, selon que l'arbre est incliné à l'horizon de 8° à 15°; la variation d'angle des élémens de l'aile étant d'ailleurs proportionnelle, dans les inclinaisons intermédiaires. Voici la construction.

A la distance de 2 mètres du centre A de l'axe tournant (fig. 3), on fixe la première *latte ab* dans une mortaise du volant CA; on en fixe une seconde *p q* au bout C; on donne à ces lattes les directions suivantes: la 1re est projetée verticalement en CBC′ (fig. 4); la 2e en DBD′; AB est une parallèle à l'axe de l'arbre; l'angle ABC est de 60°, et l'angle ABD de 80°: enfin on joint les quatre bouts de ces lattes, deux à deux, par les *coterets ap*, *bq* (fig. 3), dans lesquelles viennent s'implanter les autres lattes successives. On divise donc la droite CA, axe de l'aile, en parties égales; et en chacun de ces points, on fixe une latte à mortaise. Supposons qu'il y en ait 28: on divisera l'angle CBD (fig. 4) en 28 parties égales, et les rayons correspondans feront les projections de ces lattes sur un plan perpendiculaire au bras.

Nous observerons cependant que le volant et l'ente sont ordinairement un peu courbes, afin d'offrir au vent une voile concave, ce qui complique légèrement la construction ci-dessus. (*Voyez* le *Traité de Mécanique* de M. Hachette.)

Exposons maintenant la distribution intérieure d'un moulin à blé, et le mode de transmission de la force de l'arbre tournant A (fig. 6) aux meules. On sait que le blé est broyé entre deux meules circulaires horizontales posées l'une sur l'autre. L'inférieure R est *gisante* ou immobile; la supérieure O est *courante*, c'est-à-dire tourne sur son axe. Les deux surfaces sont l'une un peu convexe, l'autre un peu concave, et presque en contact; elles sont travaillées au marteau en sillons vifs et coupans, par rayons ou par lignes parallèles. (*V.* Meules, Moulin.) Lorsque l'usage détruit ces sillons, on *repique* la meule au marteau pour les raviver. Les deux meules sont enfermées dans un coffre de bois M appelé *archure*. (*V.* fig. 6 *bis*.)

La meule courante est percée d'un trou central *k* nommé *œillard*, par où entre le grain. Dans ce trou passe l'anille X, axe de fer qui y est arrêté par des bras ou croisillons scellés dans le massif de la meule: cet axe se prolonge en IK, et s'appelle *gros fer*. Au bout inférieur, il porte au fond d'une crapaudine en fonte, scellée au centre de la meule gisante. La force centrifuge de la meule courante chasse peu à peu la farine et le son jusqu'au contour des meules; ces produits reçus dans l'archure, s'écoulent par une *anche* dans un Bluttoir destiné à séparer le son de la farine.

Pour faire tourner la meule, O, on fait communiquer son arbre I avec celui A des ailes (fig. 6), par le rouet G, monté sur l'arbre A, au centre du moulin; de manière que, si c'est la toiture seule qui tourne pour mettre le moulin au vent, ce rouet, emporté par le mouvement général, ne cesse pas d'engrener la lanterne H qui est montée sur le gros fer. Au lieu d'une paire de grandes meules de 2 mètres, on préfère ordinairement en employer deux ou trois paires de petites de 12 décimètres de diamètre, parce que, quand le vent est faible, on ne fait tourner qu'une de ces meules en *embrayant* l'autre. Dans ce cas, l'axe de la lanterne H communique le mouvement aux gros fers des meules par un engrenage qu'on se figure aisément. Pour plus de simplicité, nous n'avons représenté ici qu'une seule paire de meules. On voit que, par l'impulsion du

vent, le gros fer I doit tourner d'autant plus vite que le vent est plus impétueux, et que le nombre des dents du rouet G est plus grand que celui des fuseaux de la lanterne.

Pour écarter à volonté les meules, selon la nature de la mouture qu'on veut obtenir, et y faire arriver le grain, voici l'appareil dont on se sert. Le blé est versé dans une trémie S, d'où il s'écoule dans une *anche* pivotante Q; ce grain est monté dans son sac, à l'étage supérieur, à bras, avec un treuil, ou plutôt par la force même de l'arbre du moulin, en l'entourant d'une corde qui supporte le sac, et on verse ensuite le grain dans la trémie. *d e* est une corde passée sur une cheville V, attenant à l'anche, pour la secouer, et faire tomber le blé plus ou moins vite, selon la force du vent. Les leviers *f g* et *h i* ont leurs centres de rotation en *f* et *m*; la corde *i l n p*, portant un contre-poids *p*, passe sur les poulies *l* et *n*. Quand on élève le point *g*, la barre N *o*, nommée *trempure*, monte, et le levier *o* P fait tourner le coude L, qui soulève le gros fer K, et écarte les meules : en baissant *g*, on les rapproche au contraire.

Quand on veut arrêter le moulin, on bande le *frein* G; c'est un cercle en bois pliant, fixé par un bout en *s*, et qui se courbe sur la roue, la presse, et vient s'attacher en *v* au levier *t*. Pour plus de sûreté, on fait encore un arc-boutement des bras de la roue contre les solives du bâtiment.

XR est un plancher qui sépare le beffroi en deux chambres, lesquelles communiquent entre elles par l'échelle *q*.

Le blé, versé dans la trémie S, s'écoule peu à peu par l'anche dans un entonnoir au-dessus de l'œillard I, entre par cet orifice, et est écrasé entre les meules O; la farine ou le gruau descend à l'étage inférieur, par le conduit *ab*, dans le cofre *c*, où est le blutoir. L'anche est incessamment secouée par un mécanisme que l'arbre du moulin met en jeu, et qui, par cette trépidation, fait sortir peu à peu le grain de l'auget Q qui le contient. Ce sautillement du blé est produit par une baguette, qui est appelée *babillard*, et qui reçoit ses impulsions des dents des roues.

Souvent le Blutoir, le Crible, le Tarare, sont mus par le mécanisme même du moulin; dans d'autres cas, on les manœuvre à bras; chacun peut aisément suppléer à ces détails, qui d'ailleurs ont trouvé leur exposition à d'autres articles.

Nous donnerons ici quelques descriptions des pièces, telles qu'on les façonne communément. Les poteaux X du beffroi ont $8^m \frac{1}{2}$ de long, 6 centim. de large en bas, et $4 \frac{1}{2}$ centim. en haut, sur 4 d'épaisseur. La colonne N a 37 décim. de hauteur, 5 de diamètre en bas et 4 en haut; elle est fixée dans la maçonnerie au centre du moulin, et est arrêtée en haut par des barres. Le plancher XR a ses solives de 13 décim. de long, et 28^{cm} sur 23^{cm} d'équarrissage : elles sont mortaisées dans les poteaux et la colonne. Souvent on construit deux planchers, qu'on soutient en observant l'assemblage qui vient d'être indiqué.

La lanterne H a 8 fuseaux, et le rouet G, d'environ 12 décim. de diamètre, 80 alluchons : ces nombres ne sont pas de rigueur; il suffit que la meule et sa lanterne fassent environ 60 à 100 tours par minute, c'est-à-dire aillent 8 à 10 fois plus vite que l'arbre. (*V.* Dents des roues.) L'arbre A a 6 mètres de long, 5 à 6 décimètres de diamètre à un bout, $4 \frac{1}{2}$ à l'autre bout : son pivot a 15 centim. d'épaisseur; le volant a 6 mètres de longueur, l'aile 23 décim. de largeur, la surface environ 21 mètres carrés.

Coulomb, dans son Mémoire (Acad. des Sciences, 1781), fait l'évaluation de l'effet total des bons moulins à vent de Lille, et estime qu'ils travaillent toute l'année 8 heures par jour, en élevant un poids de 1000 livres à 218 pieds par minute, ce qui équivaut à 490 kil. élevés à 70^m, 8, ou 34664 kilog. à 1 mètre. Ce travail est donné par un vent ayant $6^m \frac{1}{2}$ de vitesse par seconde; les ailes portent alors toute leur voilure, et ce vent paraît être celui dont la force convient le mieux à la machine. Supposant, avec D. Bernouilli, qu'un homme, employant ses forces de la manière la plus commode, ne peut élever, en travaillant 8 heures par jour, que 60 livres à 1 pied par seconde, c'est-à-dire 572 kilog. à 1 mètre par minute, on voit que le moulin à vent produit la force de 61 hommes par un travail journalier : le cheval de vapeur a la force de 4500 kil. élevés à 1 mètre par minute; ainsi la force journalière d'un moulin à vent est de 7,7 de ces chevaux; seulement, il faut reconnaître que la variabilité de la force motrice, outre les inconvéniens d'un travail irrégulier qui se prête difficilement à beaucoup d'applications, est compensée dans nos chiffres, en prenant une moyenne, qui suppose un chômage des deux tiers du temps. Il est

reconnu, en effet, que si le vent parcourt moins de 4 mètres par seconde, son action est trop faible pour la mouture ordinaire du blé; et si la vitesse est de 8 mètres, on est obligé de déshabiller en partie les ailes pour éviter qu'elles ne soient rompues.

Cette quantité de travail ne doit pas surprendre; car, en posant 7 mètres par seconde de vitesse au vent, nous avons vu que sa pression est de 6 kil. par mètre carré; comme chaque aile du moulin a 20 mètres de surface, on trouve 120 kil. de pression agissant au centre ou milieu de l'aile, c'est-à-dire à 5 mètres de l'axe de rotation. La pression s'exerçant sur une aire oblique d'environ 30°, se réduit au quart dans le sens du mouvement; ainsi, l'on ne doit prendre comme effective que la pression totale d'une aile, savoir 120 kilog. décrivant 30m à chaque révolution. En admettant que l'aile fait 12 tours par minute, le produit de ces trois nombres donne, par la force du moulin, 43200 kil. élevés à 1 mètre. On voit que la force, étant réduite à 34664 kilog. éprouve encore une perte de près d'un tiers.

On a trouvé que, lorsque la meule fait 5 révolutions pour une seule de l'arbre,

1° Le moulin ne commence à tourner que quand le vent a 4 mètres de vitesse par seconde.

2° Quand la vitesse est de 5m,8 par seconde, les ailes font 11 à 12 tours par minute, et l'on moud 400 à 450 kilog. par heure (10000 kil. en 24 heures).

3° Lorsque la vitesse du vent est de 9m,1 par seconde, le moulin, portant toutes ses voiles, fait 22 tours par minute, et moud 900 kil. par heure, ou 21600 kil. en 24 heures. Avec ce degré de vitesse, la farine s'échauffe considérablement, et les meuniers changent de temps en temps l'espèce de grain à moudre pour *rafraîchir* la meule.

Sept hommes ou un cheval peuvent moudre un setier de farine confectionnée (125 kilog.), ou 166 kilog. de mouture simple. Comme cette force, appliquée à une manivelle ou à un manége, produit 8 à 900 dynamies, on en conclut que la mouture de 100 kilogrammes de blé consomme 538 dynamies : ainsi, l'effet de l'arbre d'un moulin à vent peut être estimé de 500 à 550 dynamies pour moudre 100 kilogrammes de blé.

Pour employer les moulins à la trituration des substances, on garnit l'arbre tournant de bras faisant fonction de CAMES, lesquelles soulèvent et laissent retomber des PILONS. Coulomb a mesuré les effets de ces machines pour la fabrication des huiles de colza, et voici le résultat de ses expériences :

1° La vitesse du vent étant de 2,27 mètres par seconde, lorsque le moulin est libre, les ailes font 5 ½ tours par minute; mais en mettant un seul pilon en jeu du poids de 510 kil., lequel frappe deux coups de 0m,49 de hauteur à chaque tour d'aile, le moulin fait à peine 3 tours par minute.

2° Le vent parcourt 4m,06 par seconde, les ailes font 7 à 8 tours par minute; il n'y a que deux pilons de 510 kil. et un de 250 kil. en action. Le moulin fabrique 100 kil. d'huile en 24 heures.

3° La vitesse du vent est 6m ½; l'arbre fait 13 tours par minute; 5 pilons de 510 kilogrammes et un de 250 kil. sont en jeu, et le moulin fabrique 350 kil. d'huile en 24 heures.

4° Le vent parcourt 9m, 1; on est obligé de serrer 2 mètres de voilures; l'arbre fait 17 à 18 tours par minute, et le moulin fabrique 500 kil. d'huile en 24 heures, en mettant en action les 6 pilons de l'expérience qui précède.

On estime que la fabrication de 100 kilog. d'huile consomme 14 à 15 mille dynamies, dont un 6e est absorbé par les frottemens, les chocs, et autres résistances.

Coulomb évalue que, dans les moulins à vent hollandais, qui ont les dimensions précédemment fixées, lorsque la vitesse du vent est de 6m ½ par seconde, l'effet est, ainsi qu'on l'a déjà dit, équivalent à 1000 livres élevées à 218 pieds par minute. La force perdue par l'action des cames sur les pilons est égale à 1000 livres élevées à 16pi ½ par minute, et le frottement équivalant à 1000 livres élevées à 18pi ½ par minute. Ainsi, la force totale du vent égale 1000 livres élevées à 253 pieds par minute, c'est-à-dire 40230 kilog. élevés à 1 mètre.

Smeaton a fait des expériences, dont nous avons déjà parlé, pour déterminer, par le fait même, les circonstances du développement de la force motrice du vent, et se mettre en garde contre les incertitudes de la théorie. Il se servit d'un modèle de moulin à vent, dont il mesurait les effets par un poids soulevé. Comme ses résultats sont ce qu'on a obtenu de plus certain sur ce sujet difficile,

nous les donnerons ici sous forme de principes.

1°. *La vitesse du vent variant seule.*

1. La vitesse des ailes de moulin, qu'il soit non chargé ou chargé au *maximum*, est à peu près comme la vitesse du vent, quand on conserve la figure des ailes et leur inclinaison.

2. La charge correspondante au *maximum* d'effet est presque (ou un peu moindre) comme le carré de la vitesse du vent, quand la forme et la position des ailes restent les mêmes.

3. Les effets des mêmes ailes, lorsqu'elles produisent le *maximum*, sont presque (ou un peu moindres) proportionnels aux cubes de la vitesse du vent.

4. La charge des mêmes ailes correspondant au *maximum* d'effet est à-peu-près comme les carrés, et leur effet comme les cubes du nombre de leurs révolutions, dans un temps donné.

5. Quand les ailes sont chargées de manière à donner le *maximum* d'effet sous une vitesse donnée, et que celle du vent vient à augmenter, tandis que la charge reste la même, 1° l'accroissement d'effet, pour un faible accroissement de vitesse, sera à-peu-près comme les carrés de cette vitesse; 2° si la vitesse est double, les effets sont à-peu-près : : 10 : 27 $\frac{1}{2}$; 3° quand les vitesses comparées seront plus que doubles de celle sous laquelle la charge donnée produit le *maximum*, les effets croissent à-peu-près dans le rapport de la simple vitesse du vent.

2°. *La vitesse du vent restant constante.*

6. Pour des ailes dont la figure et la position sont semblables, la vitesse du vent restant la même, le nombre de tours, dans un temps donné, est réciproque aux longueurs de l'aile.

7. La charge au *maximum*, que les ailes de figures et positions semblables peuvent surmonter, à une distance donnée du centre de mouvement, est comme les cubes de la longueur des ailes.

8. Les effets des ailes de figures et positions semblables sont comme les carrés des longueurs.

9. La vitesse des extrémités des ailes hollandaises, ainsi que des ailes élargies au bout extérieur, dans toutes leurs positions ordinaires, lorsqu'elles sont sans charge ou chargées au *maximum* d'effet, est considérablement plus rapide que la vitesse du vent.

Molard a donné, à l'article Moulin, les résultats de sa pratique éclairée pour l'airage des ailes; nous comparerons ici ceux que donne la théorie et ceux que Smeaton a déduits de ses expériences. Le bras du moulin est divisé en six parties, à compter de l'arbre tournant jusqu'au bout; *a* désigne la vitesse du vent. La table suivante donne la vitesse de chacune des six divisions de l'aile, et les angles que forment les lattes avec la direction de l'arbre et avec le plan de circulation.

Parties du bras.	Vitesse du point correspondant.	THÉORIE.		SELON SMEATON.	
		Angle formé avec l'axe.	Airage de la voile.	Angle formé avec l'axe.	Airage de la voile.
1. . . .	. . $\frac{1}{3}a$. . . .	63°26′	26°34′	72°	18°
2. . . .	. . $\frac{2}{3}a$. . . .	69. 54	20. 6	71	19
3. . . .	. . a. . . .	74. 19	15. 41	72	18
4. . . .	. . $\frac{4}{3}a$. . . .	77. 20	12. 40	74	16
5. . . .	. . $\frac{5}{3}a$. . . .	79. 27	10. 33	77 $\frac{1}{2}$	12 $\frac{1}{2}$
6. . . .	. . $2a$. . . .	81. 0	9. 0	83	7

La vitesse des ailes d'un moulin à vent est ordinairement très-grande; car, en supposant que l'aile fait 10 tours par minute, ce qui est le cas ordinaire, l'extrémité d'une aile de 12m de long parcourt 754 mètres par minute, ce qui fait 45240 mètres, ou plus de 11 lieues par heure, tandis que sa base n'a que le sixième de cette vitesse.

Si l'on compare la vitesse du vent au nombre de tours de l'arbre du moulin, travail-

lant avec sa charge, on arrive aux résultats suivans :

Vitesse du vent en mètres en une seconde.	Nombre de tours de l'arbre en une minute.	Rapport.
m		
2,27	3	0,75
4,06	7	0,58
6,5	13	0,5
5,8	11	0,53
9,1	17	0,54
9,1	22	0,41

Il ne faut avoir égard, pour la conséque nous allons tirer, qu'aux cas où la vitesse est de 7 à 11 tours par minute, à raison de la force des frottemens dans les petites vitesses, et des circonstances qui accompagnent un mouvement trop rapide. On voit que le rapport de la vitesse du vent au nombre de tours est sensiblement 0,54 ; d'où il suit que, si l'on compte le nombre de tours de l'aile d'un moulin en une minute, et qu'on multiplie ce nombre par 0,54, on aura la vitesse du vent par seconde et en mètres. Smeaton dit que, pour trouver cette vitesse, il faut multiplier par 4 ou par 2,7 la vitesse de l'extrémité de l'aile, selon que le moulin tourne sans charge ou chargé. La règle précédente donne un nombre un peu moindre.

Lulofs de Leyde a trouvé qu'un moulin à vent hollandais, employé à dessécher les marais, était capable d'élever 1500 pieds cubes d'eau à 4 pieds de hauteur par minute, lorsque le vent parcourait 30 pieds par seconde. Ces résultats équivalent à 66840 litres d'eau ou kilogrammes élevés à 1 mètre par minute, avec une vitesse de vent de 9m,7 par seconde. En évaluant la force d'un cheval attelé à 4500 kilogrammes élevés à 1 mètre par minute, on trouve que le travail du moulin est celui d'environ 15 chevaux de vapeur, quand la vitesse du vent est de près de 10 mètres par seconde.

Molard, en traitant à l'article MOULIN de celui de M. Amédée Durand, pour puiser de l'eau, a négligé divers détails sur lesquels nous croyons devoir attirer l'attention. Cet appareil ne monte, il est vrai, qu'une petite quantité d'eau, puisqu'il ne produit qu'une force de deux hommes, ou un neuvième de cheval de vapeur; mais il a l'avantage de se mettre lui-même au vent, d'agir presqu'au plus léger souffle, et de ne pas produire au-delà de la force désignée ci-dessus, quand le vent est extrêmement fort, parce que cette machine aérienne est réglée de manière que, dès que le vent a 5 à 6 mètres de vitesse, la rotation se conserve constamment la même pour des vitesses plus grandes. Ainsi, le moulin montera toujours la même quantité d'eau, que le vent ait 5 mètres de vitesse ou plus. Pour les vitesses plus petites, il en montera moins, mais toujours un peu. Il s'ensuit qu'en définitive et tout compensé, il pourra, au bout d'un temps donné, produire autant d'eau qu'on en aura besoin pour l'arrosage, sans nécessiter ces vastes réservoirs si dispendieux, dont on devrait se pourvoir, si la machine montait plus d'eau et n'obéissait qu'à de grands vents.

Voici comment ces résultats sont obtenus.

Les ailes sont petites, en tôle (*voyez* fig. 5, pl. 42 des Arts mécaniques), et montées sur un système de quatre barres de fer en croix. Chaque barre ou vergue soutient une aile, mais ne divise pas sa surface en deux parties égales; l'une des parties est les $\frac{1}{2}$ de l'autre; de sorte que le vent, agissant avec plus de force sur un côté, tend à faire pirouetter l'aile autour de la barre : l'aile est d'ailleurs équilibrée sur sa vergue par des poids. L'airage est déterminé par des chaînes qui retiennent les quatre extrémités ; chaque chaîne, attachée d'un bout au grand côté de l'aile, l'est par l'autre à une équerre qui termine la vergue. Pour que le grand côté ne cède pas à l'action du vent, il est ramené par un ressort à boudin très-développé. Il en résulte que la pression du vent sur le grand côté est modérée par le ressort, et que l'airage se modifie selon la force du vent.

Quand le vent dépasse 5 mètres de vitesse, on ne s'en fie pas à l'action du ressort pour diminuer la surface frappée; l'équerre porte un poids, et une palette en tôle qui agit sur le vent comme une rame, tandis que la force centrifuge tend à éloigner le poids. Ainsi, plus le vent acquiert de vitesse, et plus la surface qu'il attaque diminue ; il y a d'ailleurs un frein qui arrête le moulin quand on juge à propos d'en suspendre l'action.

Nous ne pouvons entrer dans les détails d'une multitude de précautions ingénieuses qui donnent à ce moulin un grand intérêt. On peut consulter les Bulletins de la Société d'Encouragement pour 1829, page 415, et

pour 1830, page 134, où il est décrit et figuré. Fr.

VENTILATEUR, VENTILATION. (*Arts physiques.*) Les procédés qu'on fait pour renouveler l'air d'un espace sont de deux espèces : ou l'on agite vivement l'air par des procédés mécaniques, ou bien on détermine un courant en se servant de la propriété des gaz et vapeurs de devenir plus rares par la chaleur, et par conséquent de s'élever spontanément en vertu de leur légèreté spécifique. Dans la première espèce de ventilateurs, on doit classer les Soufflets, les Trombes hydrauliques, les Tarares, les Soufflets a pompe pour les forges, et autres appareils mécaniques, qui ont chacun été décrits à son article spécial. Dans la seconde, on placera les Cheminées, Fourneaux d'appel, Manches à air, Vasistas, Séchoirs, Étuves, et autres procédés purement physiques. Comme ces appareils ont été décrits en divers lieux de ce Dictionnaire, et particulièrement au mot Assainissement, il serait superflu d'y revenir ici.

On pourrait encore classer parmi les procédés de ventilation ceux par lesquels on exerce une action chimique sur l'air, de manière à en changer la nature, et par conséquent la densité et les propriétés. L'évaporation de certains liquides, le développement de certains gaz, tels que le chlore, l'oxigène, etc., sont des moyens généralement en usage pour désinfecter l'air. Comme ces procédés sont exposés à d'autres articles, nous nous dispenserons de les reproduire. Fr.

VENTOUSE. (*Arts physiques.*) On donne ce nom à trois appareils différens, que nous examinerons ici l'un après l'autre.

Lorsqu'une cheminée est exposée à recevoir des coups de vent qui refoulent l'air dans le tuyau, on établit une *ventouse* qui repousse la fumée, en déterminant un courant d'air ascendant. Au chambranle de la cheminée et à la partie postérieure, on établit deux planches de plâtre parallèles et à-peu-près verticales, entre lesquelles on fait arriver l'air soit du dehors, soit seulement de l'intérieur même du tuyau de la cheminée. Cet air vient par un conduit en tôle qui s'ouvre entre les planches de la ventouse.

Le courant, qui est ainsi formé par l'air plus froid que celui de la pièce, et vient s'échauffer au feu de l'âtre, accroît le tirage de la cheminée, donne un aliment au feu, et suffit quelquefois pour empêcher la fumée. Quand le conduit de la ventouse s'ouvre en dehors, il convient de fermer l'orifice par un grillage, pour empêcher les oiseaux d'y faire leur nid, et par conséquent de boucher ce conduit. Du reste, ordinairement, on fait passer ce tuyau sous le parquet, en le recourbant depuis le haut de la ventouse jusqu'au plancher. Comme ce courant d'air est assez incommode aux personnes qui sont voisines du feu, on ferme quelquefois le conduit par une clef ou trappe, afin de ne le laisser ouvert que dans les cas où il est nécessaire.

La *ventouse* de chirurgien est une petite cloche de verre dont l'entrée est arrondie et étroite : on peut y suppléer par un verre ordinaire. On allume deux bouts de petites bougies, ou un peu de papier ou d'étoupes, que l'on fixe sur une carte placée sur la peau, et on recouvre aussitôt ce petit appareil avec la ventouse. L'air intérieur est très-raréfié par la chaleur; il ne peut d'ailleurs entretenir la combustion : le feu s'éteint, et le refroidissement fait adhérer fortement le vase à la peau, déjà irritée par la chaleur. La peau se gonfle, le sang s'y accumule, et lorsqu'on retire la ventouse (ce qu'on fait en comprimant la peau près de son bord pour laisser un passage à l'air extérieur), il ne reste plus qu'à scarifier la place avec une lancette ou un bistouri, et, pour produire l'évacuation du sang, à appliquer de nouveau la ventouse.

Quelquefois la ventouse est un appareil pneumatique où l'on fait le vide avec un piston, et les mouchetures sont produites par un instrument garni de 10 à 12 pointes de lancettes.

En hydraulique, les *ventouses* sont des tuyaux destinés à laisser échapper l'air qui s'amasse dans les tuyaux; nous en avons déjà parlé à l'article Conduite. Lorsque les conduites présentent des inflexions dans le sens vertical, l'air, entraîné par le courant d'eau, se porte au sommet de ces courbures, y forme une couche qui non-seulement ralentit le cours, mais même doit l'arrêter tout-à-fait, lorsque la charge d'eau ne peut plus surmonter la force d'élasticité de cette couche d'air.

La ventouse est un tuyau vertical embranché sur le sommet de la courbure de la conduite, et qu'on élève plus haut que le niveau de sa source. L'eau y monte et y reste suspendue, et l'air peut sortir par

cette espèce de cheminée. On recourbe ce tuyau pour empêcher la poussière et les ordures de s'y amasser.

C'est même par ce principe que sont construits les *soutérasis* de Constantinople (fig. 4, pl. 19, des Arts physiques). La source est en R; la conduite (dont nous avons accourci l'étendue dans la fig.) est interrompue par un tuyau ascendant tenant lieu de ventouse pour la sortie de l'air : ce tuyau vient verser l'eau dans une bache B, d'où elle redescend dans une nouvelle conduite, et est encore interrompue par une autre ventouse; et ainsi de suite, chaque fois qu'on le juge utile. Ce système de tuyaux ascendant et descendant est soutenu par une bâtisse en maçonnerie, et chaque cuvette est située un peu plus bas que celle qui la précède, et peut servir à son tour de réservoir de distribution. Le calibre des tuyaux est proportionné au volume d'eau à débiter.

On se sert aussi d'un robinet placé au sommet de la courbure. On laisse ce robinet ouvert pendant que l'on met l'eau dans la conduite, jusqu'à ce que l'air se soit échappé; on le ferme quand l'eau commence à jaillir. On peut encore disposer une soupape semblable à celle de sûreté, tellement disposée qu'elle laisse sortir l'air, et se ferme d'elle-même lorsque l'eau vient prendre sa place et remplit le tuyau.

Cet usage des soupapes, lorsque les conduites ont des pentes et contre-pentes, est très bien entendu. Voici la description que M. Girard a donnée de cet appareil, représentée pl. 19, fig. 5.

La ventouse est composée d'un cylindre *a*, en cuivre fondu, de 2 décimètres de diamètre extérieur sur 3 ½ de hauteur, communiquant avec le tuyau de conduite par un cylindre vertical *b* d'un décimètre de diamètre, boulonné sur une tubulure *d*. Ce vase porte intérieurement deux traverses *e e*, percées chacune d'un trou dans lequel coule librement une tige de métal *f*, formant l'axe matériel d'un globe creux de laiton *g*, destiné à servir de flotteur. Cet axe est terminé en haut par un corps conique *h*, qui sert à boucher un orifice *i*, de même forme, pratiqué dans le fond horizontal supérieur de la boîte de la ventouse, quand le flotteur est soulevé par la charge d'eau.

Lorsque l'air de la conduite a penétré dans la boîte de la ventouse, et y a acquis assez de densité pour faire descendre convenablement le niveau de l'eau, le flotteur *g* s'abaisse avec le fluide, entraîne l'obturateur conique *h*, que porte son axe *f*, et laisse ouvert l'orifice de la ventouse par lequel l'air s'échappe peu à peu. L'eau, sous même volume, pesant près de 77 fois plus que l'air, il s'ensuit que, quelle que soit la densité de l'air dans la ventouse, cette densité ne peut jamais devenir telle, que le poids du volume déplacé par le globe soit égal à celui du même volume du liquide: par conséquent, si le niveau de l'eau baisse, et qu'une partie du globe surnage, le poids du flotteur augmente, ce qui en détermine l'abaissement, ainsi que l'ouverture de la soupape. Il n'y a que l'action de l'air comprimé contre la partie inférieure de l'obturateur qui s'oppose à ce mouvement; mais cette action est trop faible pour pouvoir détruire l'effet dû à l'abaissement du niveau de l'eau. Ce moyen de se débarrasser de l'air a l'avantage de n'exiger aucune surveillance. La dépense pour une ventouse de ce genre est évaluée à 325 francs. Fr.

VERDET. (*Technologie.*) Nom que l'on donne vulgairement dans le midi de la France au *vert-de-gris* qu'on y fabrique presque exclusivement. *V.* Vert-de-gris. L.

VERGETIER. (*Technologie.*) On donne quelquefois le nom de Vergetier à l'ouvrier qui s'occupe exclusivement de l'art de fabriquer les *vergettes* ou brosses à brosser les habits. *V.* Brossier.

L.

VERGETTE. *V.* Brossier.

VERGEURE ou VERJURE. (*Technologie.*) On désigne sous le nom de *verjure* une toile formée de fils de laiton parallèlement disposés, dont on garnit les formes avec lesquelles on fabrique le papier. On suit plusieurs systèmes dans la disposition des fils de laiton, et dans la proportion du calibre de ces fils avec les vides ou intervalles qu'on réserve entre eux. *Voyez* Formaire.

La verjure doit être arrangé sur la forme, d'après le système tant de plein que de vide qui convient dans tous les cas où l'on fabrique les moyennes et les petites formes peu usitées; mais quand on fabrique des papiers un peu forts, on doit tenir les intervalles un peu plus larges que le diamètre des brins de la toile, pour que la feuille de papier prenne une certaine épaisseur au

moyen du plus grand vide, qui absorbera une plus grande quantité de pâte, lorsque l'ouvreur envergera ; car la pâte qui entre dans la composition des feuilles de papier est toujours en raison des intervalles qu'on a laissés entre les brins de la toile de la forme.

Les verjures sont sujettes à se déranger et à perdre leur parallélisme. Ce défaut influe sur la qualité des papiers, relativement à l'épaisseur des papiers, à la grosseur du grain, etc. Lorsque les verjures se rapprochent, ce qui est assez commun, cette irrégularité produit des défauts dans le grain des papiers, lorsqu'on n'y remédie pas de suite : les intervalles, devenus plus grands, grossissent le grain dans ces parties. Les fils de la verjure rapprochés appauvrissent l'étoffe dans d'autres, et lorsqu'on les regarde contre le jour, on voit des ombres très sensibles et allongées qui marquent la trace des baguettes épaisses de la pâte qui s'est insinuée dans les vides élargis, et, à côté, des jours aussi allongés, formés par les verjures rapprochées. Le seul moyen d'éviter ces défauts serait d'employer les fils de laiton tels qu'ils sortent de la filière, et sans les faire recuire : alors il auraient toute la consistance que peut leur donner l'écrouissage de la filière. C'est ainsi que le pratiquent les Hollandais. L.

VERMICELLIER. (*Technologie.*) L'artiste qui fabrique les vermicelles, les lazagnes, les macaronis, et en général toutes les pâtes connues sous le nom de *pâtes d'Italie*, se nomme *vermicellier.*

On peut faire des pâtes avec toutes les espèces de farines qui servent à faire du pain. Les meilleures farines étant celles de froment, elles font le meilleure pain ; ce sont aussi celles dont on se sert ordinairement pour faire les pâtes. Le gruau est un grain concassé et dépouillé de son écorce; c'est la partie la plus dure et la plus sèche du grain ; c'est surtout celle qui logeait le germe, qui est ferme et blanche comme l'amande. Les vermicelliers font moudre haut les blés pour les mettre en gruau le plus qu'il est possible : c'est la manière de moudre qui produit la semoule, base de toutes les pâtes.

L'eau dont on se sert pour pétrir la semoule doit être bien pure ; elle doit bien dissoudre le savon: de l'eau dure ferait une mauvaise pâte, qui n'aurait pas de liant et qui se briserait en cuisant. On met ordinairement douze livres d'eau pour cinquante livres de semoule; il vaut mieux être obligé de remettre de la semoule en pétrissant, que de l'eau, parce que c'est une bonne qualité de ces pâtes de sécher promptement.

Il faut convertir la semoule en pâte, pour en composer ensuite soit des vermicelles, soit des macaronis, soit des lazagnes, etc. Il n'est point nécessaire de mettre le levain dans la composition des pâtes, elles se conservent mieux. On les pétrit à l'eau chaude avec force et vitesse, afin de leur conserver la chaleur. Lorsque la pâte est pétrie, on la ramasse sur le devant du pétrin ; on la couvre d'un linge propre, sur lequel on en met un second ; ensuite on monte dessus pour piler la pâte en la foulant fortement avec les pieds pendant deux ou trois minutes.

Après que l'ouvrier est dessus la pâte, il la brie pendant deux heures consécutives. La *brie* et un morceau de bois de dix à douze pieds de longueur, plus gros d'un bout que de l'autre; elle a un côté tranchant à l'extrémité par laquelle elle est attachée au pétrin. L'ouvrier est à moitié assis sur l'autre extrémité de la brie, c'est-à-dire qu'il a la cuisse droite sur cette extrémité, qu'il tient aussi de la main droite, tandis qu'il frappe prestement du pied gauche contre terre pour s'élever avec la brie et lui donner le mouvement, ayant la main gauche en l'air et en l'agitant. On continue ainsi jusqu'à ce que la pâte soit suffisamment écrassée et briée.

Quand on a fait la pâte, comme je viens de le dire, il suffit de la réduire en filets minces ; en tuyaux, en lanières, pour en former les vermicelles, les maraconis, les lazagnes. Cette opération se fait par le moyen d'une forte presse. Cette presse est verticale ; le patin que porte l'extrémité de la vis entre juste dans un verre cylindrique en cuivre, ou mieux en fonte de fer, que l'on nomme *cloche*, on met dans le fond une espèce de crible parsemé de petits trous de la grosseur que doit avoir le vermicelle. La cloche est enveloppée d'un réchaud dans lequel on tient de la braise. On remplit la cloche de pâte ; elle s'y échauffe par la braise, et devient liquide : l'action de la presse la fait sortir en filets, que l'on refroidit aussitôt, et que l'on sèche par un ventillateur, au fur et à mesure qu'elle sort. Lorsque les filets ont acquis une longueur d'un pied, on les prend avec la main, et

on les casse par une secousse près du crible; et en les déposant sur un papier ou sur un carton, on les entortille, comme on le voit dans le commerce.

Pour former les macaronis, on emploie la même pâte que pour les vermicelles, avec la différence qu'elle doit être moins ferme que celle-ci. On place au fond de la cloche de la presse le moule des macaronis, et on le remplit de pâte; on met la braise, et l'on presse; les macaronis sortent en lanières, dont on rapproche les bords qui se collent: alors ils forment le tuyau. La pâte des macaronis est faite avec de la semoule, comme je l'ai dit.

Les lazagnes se font comme les macaronis et avec la même pâte. On se sert du même moule que pour les macaronis; mais on ne les plie pas en tuyaux, ce sont des rubans. Ils sont d'autant plus estimés qu'ils sont plus minces et plus blancs.

Les Italiens imitent, avec les mêmes pâtes, le riz, les grains de courges, de melons, etc. Ils en font en lozanges, en cœurs, en étoiles, et de mille manières différentes. Toutes ces formes dépendent des moules avec lesquels on les coupe.

On fait, en Italie, une espèce de macaroni qu'on appelle *Tagliati*, beaucoup meilleur que le macaroni ordinaire. En voici la préparation: Cassez dans un plat un certain nombre d'œufs frais; battez-les bien comme pour en faire une omelette; ajoutez-y du sel, du poivre et des épiceries, et, en battant toujours, autant de farine de froment qu'il en faut pour former une pâte qui ne s'attache plus au plat. Après l'avoir convenablement travaillée avec le couteau, étendez-la en feuilles minces; mettez ensuite dix ou douze de ces feuilles l'une sur l'autre, et coupez-les en très-petits filets avec un bon couteau; étendez sur une planche et sur un papier, et mettez sécher à l'air ces filets, qui ne doivent point se coller les uns aux autres, si la masse a l'épaisseur convenable, et si l'on a bien saupoudré les feuilles de farine.

On apprête ces pâtes, soit fraîches, soit séchées, avec du lait ou du bouillon: de toute manière, c'est un fort bon mets. On conserve ces *Tagliati* dans une boîte et dans un lieu sec, pourvu qu'on ait bien fait sécher la pâte avant de l'enfermer.

J'ai fait souvent de ces pâtes, qui sont excellentes; il y a quelques précautions à prendre pour les apprêter. On fait d'abord bouillir la pâte dans l'eau pour la faire gonfler; on n'en met au plus que la moitié du pot, et l'on remplit d'eau. Lorsque l'eau bout, le pot se trouve plein; on égoutte l'eau, que l'on conserve. On met dans une casserole du beurre frais; lorsqu'il est bouillant, on y jette une forte pincée de persil bien haché, avec un anchois qu'on laisse cuire quelques instans; ensuite on retire la casserole du feu, on y jette le *Tagliati* gonflé, et l'on verse dessus un verre de l'eau dans laquelle on a bouilli; on remet sur le feu, on fait bouillir quelques minutes, en faisant sauter de temps en temps; ensuite on ajoute du lait pour former une sauce suffisamment longue. Il n'est pas nécessaire d'ajouter ni sel ni poivre, si la pâte a été bien assaisonnée; du reste, on goûte, et l'on ajoute les assaisonnemens nécessaires. C'est un mets délicieux: aucun de ceux à qui je l'ai fait goûter sans les prévenir n'a pu deviner ce qu'il mangeait. L.

VERMILLON. Dans l'article CINABRE, nous avons vu que ce deuto-sulfure de mercure est d'une belle couleur rouge; que, lorsqu'étant en poudre fine, sa nuance rouge est très-vive, il prend le nom de *vermillon*. Il est insoluble dans l'eau, infusible et indécomposable par la chaleur; il se volatilise à une température voisine de la chaleur rouge; ses vapeurs condensées forment des masses composées d'aiguilles hexaèdres. Le grillage le décompose facilement; il se transforme, en s'enflammant, en gaz sulfureux et en mercure métallique.

Il est réduit par beaucoup de corps, même par l'hydrogène et par le charbon. Les alcalis et les terres alcalines le réduisent par la voie sèche. Il n'est pas facilement attaquable par les acides, mais l'eau régale le dissout bien. Il correspond au deutoxide.

Comme le cinabre, le vermillon contient.

1 atome de mercure. .	1265,8 . ou .	0,863
1—id.— de soufre. . .	201,1 . . .	0,137
	1466,9 . . .	1,000

Le deuto-sulfure de mercure se prépare directement par voie sèche, en chauffant le soufre et le mercure à une température ménagée. On l'obtient aussi par voie humide, quand on chauffe la dissolution d'un sulfure alcalin avec du soufre et du mercure.

Le premier de ces procédés donne le *cinabre entier* proprement dit; au moyen du second on prépare le vermillon. Celui-ci

peut cependant être obtenu par le broyage du permier. A cet effet, quand on a obtenu le cinabre sublimé, on le broie à l'eau sous des meules pendant très-long-temps. Il faut employer de l'eau distillée ou de l'eau de pluie. On extrait ensuite, par décantations, des vermillons de diverses qualités. On n'en obtient pas moins de vingt-quatre nuances.

Le vermillon se livre au commerce dans des sacs de peau.

Quoiqu'on prolonge et qu'on répète plusieurs fois le broyage du vermillon ainsi préparé, jamais on ne parvient à lui donner l'éclat du vermillon de la Chine. On a essayé d'y parvenir en l'arrosant d'acide nitrique et le lavant ensuite. On s'est servi, dans le même but, d'urine et même d'eau pure. Il paraît qu'en laissant le vermillon long-temps sous l'influence de l'eau, sa couleur s'avive d'elle-même.

Tous ces moyens et beaucoup d'autres n'ont servi qu'à montrer qu'il existe une différence radicale entre les procédés employés en Chine, et les seuls que l'on ait connus en Europe pendant long-temps. Depuis quelques années, on a trouvé le moyen de fabriquer, par la voie humide, du vermillon, qui ne le cède en rien aux plus beaux produits de la Chine. C'est une industrie naturalisée maintenant en France.

Kirchoff a indiqué la premier un procédé capable de donner naissance au deuto-sulfure par voie humide. Il paraît incontestable que le vermillon de la Chine est obtenu par un moyen analogue. M. Brunner a soumis dernièrement cette opération à une suite d'expériences intéressantes.

Le vermillon s'obtient en faisant réagir, à doses convenables, le mercure, la potasse, le soufre et l'eau. On triture d'abord à froid, pendant 3 à 12 heures, suivant la puissance du moyen de trituration, le soufre avec le mercure pour former un éthiops minéral. Quand la masse est devenue homogène, on y ajoute la solution de potasse, en continuant toujours de triturer. On chauffe ce mélange dans des vases de fer. On remue constamment d'abord, puis seulement de temps en temps. Il faut maintenir la température à 55°, autant que possible, et ajouter de l'eau à mesure qu'il s'en perd par l'évaporation, afin de maintenir constamment la même quantité de liquide.

Au bout de quelques heures, le mélange, qui était noir, commence à prendre une teinte brune et rougeâtre; il faut alors user des plus grandes précautions, et ramener la température à 45°. Si le liquide prenait une consistance gélatineuse, on ajouterait de l'eau.

Le mélange de soufre et de mercure doit toujours conserver une forme pulvérulente dans le liquide. La couleur acquiert une nuance rouge, de plus en plus vive, et cet effet se manifeste quelquefois avec une promptitude étonnante. Quand on est parvenu au ton convenable, on enlève le vase de dessus le feu et on le maintient pendant quelques heures à une température douce.

Enfin, on lave le vermillon par décantation, et on en sépare ainsi les portions de mercure métallique qui pourraient s'y trouver mélangées. Si l'on veut avoir un beau vermillon, le MERCURE, la POTASSE, et le SOUFRE doivent être très-purs. *V.* ces mots.

Les proportions de vermillon obtenues varient avec le dosage des matières. M. Kirchoff a fait quelques essais à cet égard; mais les résultats suivans, observés par M. Brunner, sont bien plus complets. Il a toujours employé 300 parties de mercure, et 400 ou 450 parties d'eau.

Soufre.	Potasse.	Vermillon obtenu.	
114. . .	75.	330	»
115. . .	75.	331	»
120. . .	120.	321	»
150. . .	152.	382	5
120. . .	180.	245	»
100. . .	180.	244	»
60. . .	180.	142	

Les premières proportions sont donc les plus avantageuses; les dernières, celles de Kirchoff, sont moins bonnes.

La théorie de cette préparation est loin d'être claire. On peut supposer qu'il se forme un sulfure de potassium et de mercure qui serait détruit à la longue, à mesure que l'oxigène de l'air agirait sur le sulfure de potassium lui-même. Il serait possible qu'il se produisit de l'hyposulfite de mercure, qui, sous la même influence, se transformerait en sulfure de mercure et en sulfate de potasse.

Le sulfure de potasse et le mercure fournissent aussi du vermillon, mais il n'est pas beau. L'oxide rouge de mercure, le calomel, le turbith minéral et le mercure soluble d'Hahnemann, traités par le sulfure de potassium, ou l'hydrosulfate d'ammoniaque, peuvent tous donner lieu à la production du vermillon par la voie humide.

Le vermillon du commerce est souvent falsifié par du minium, du colcothar, de la brique pilée, du sang-dragon et du réalgar ou sulfure d'arsenic. La présence des trois premières substances se reconnait par la distillation ; cependant le minium réagit sur le sulfure de mercure et en décompose une partie. Il reste alors du sulfate de plomb. Le sang-dragon étant soluble dans l'olcool, on peut le séparer en faisant bouillir le cinabre avec de l'alcool. Le réalgar est plus difficile à reconnaître ; on s'assure de sa présence par l'odeur de la vapeur, qui se dégage en grillant le cinabre. Pour connaître les proportions on traite le mélange dans un creuset par du carbonate de soude et un excès de nitre : le mercure se dégage, le soufre forme un sulfate et l'arsenic un arséniate ; on dissout le résidu dans l'eau, on le rend acide par l'acide hydrochlorique, et on en précipite l'arsenic au moyen d'un courant d'hydrogène sulfuré.

Le vermillon est une des COULEURS fines les plus solides, on l'emploie dans les PEINTURES à l'huile ou à l'eau.

P.

VERNIER, NONNIUS. (*Arts de calculs.*) On donne ce nom à un appareil qui sert à fractionner les intervalles entre les points de divisions ou parties égales d'une ligne droite, ou d'un arc de cercle. C'est à un géomètre nommé *Vernier* que cette invention ingénieuse est due, quoiqu'on l'ait long-temps attribuée à *Nonnius*, qui y avait attaché son nom. Voici en quoi elle consiste :

Si la longueur AB (fig. 2, pl. 16, des Arts de calculs), formée de 5 parties égales, est divisée en 6 sur CD=AB, aux points 1, 2, 3, 4, 5, la longueur A 11, que nous désignerons par a, sera le 5ᵉ de AB, et C1 en sera le 6ᵉ, savoir :

$$A\,11 = \frac{1}{5}AB, \quad C\,1 = \frac{1}{6}AB,$$

et la différence sera

$$A\,11 - C\,1 = \frac{1}{5}AB - \frac{6}{1}AB = \frac{1}{30}AB = \frac{1}{6}a.$$

Donc, en appliquant les deux règles AH, CD, comme on le voit dans la figure, D sur B, C sur A, le nᵒ 11 dépassera le nᵒ 1 de $\frac{1}{6}a$, dépassera 2 de $\frac{2}{6}a$, 13 de $\frac{3}{6}a$, et ainsi de suite.

D'après cela, supposons que la petite règle soit appliquée en C′D′, et qu'on veuille évaluer la fraction de la distance a, qui répond à l'intervalle 13i, où le point C′ répond en i sur la grande règle, en parcourant des yeux les divisions de C′D′, on trouve que les points 5 et H de deux divisions exactes sont en coïncidence, et on en conclut que la fraction 13i est $\frac{5}{6}a$. En effet, 4 est au-dessous de 17 de $\frac{1}{6}a$, 3 au-dessous de 16 de $\frac{2}{6}a$, etc. Enfin, C′, au-dessous de 13 de $\frac{5}{6}a$; ainsi, le point C′, qui est le zéro de la petite règle, répond à 13, $\frac{5}{6}$ de la division de la grande règle.

L'usage du vernier est facile à concevoir. Lorsqu'une longueur doit être mesurée avec une règle divisée en parties égales, et qu'on a trouvé que cette distance, comptée depuis l'origine ou le zéro de la grande règle, se termine en un point i, on trouve, en appliquant à ce point i la réglette du vernier C′D′, quelle est la fraction 13 i de division qui a 13 i pour longueur, et que la distance demandée est composée de 13 unités, plus une fraction, exprimée en sixièmes, dont le numérateur est donné par le chiffre du nonnius, qui se trouve en coïncidence exacte avec quelqu'une des divisions entières de la grande règle.

Pour évaluer les fractions en dixièmes d'unité, il faudrait de même prendre sur la réglette du vernier une longueur formée de neuf unités, et la diviser en dix. C'est ce qui est représenté par la fig. 3, et l'on remarque que, dans l'exemple qui y est figuré, la longueur qu'on veut mesurer est formée de 57 unités de l'échelle, plus six dixièmes, ou 57,6, parce que le zéro du vernier marque un point entre 57 et 58, et que le chiffre du vernier qui répond à deux traits en coïncidence est 6.

Comme ce procédé suppose la coïncidence de deux traits, l'un sur le vernier, l'autre sur la règle qui sert à mesurer, on conçoit qu'il faut que les divisions soient très rapprochées sur l'une et l'autre. En général, si n-1, parties égales de la règle, sont divisées en n sur le vernier, celui-ci donnera la fraction en n^{es}, et si le k^e, point de

division du vernier, est en coïncidence ave un de ceux de la règle, la fraction demandée est $\frac{k}{n}$, en lisant le chiffre k sur le vernier, et le nombre entier sur la règle, à la division qui répond un peu avant le zéro du vernier.

Le même principe s'applique aux fractions des arcs de cercle sur les instrumens destinés à mesurer les angles. Si une circonférence est divisée en 360 arcs égaux ou *degrés*, et que l'alidade mobile soit solidaire avec une pièce qui, affleurant le limbe, porte un autre arc concentrique, sur lequel 59 degrés soient divisés en 60 parties égales, il suit de ce qu'on vient de dire que les subdivisions de ce vernier seront consécutivement en arrière de leurs correspondantes de $\frac{1}{60}$, $\frac{2}{60}$, $\frac{3}{60}$.... C'est-à-dire de 1′, 2′, 3′... Ainsi, le zéro du vernier indiquera sur le limbe le nombre entier de degrés qui s'y rapporte, et on lira le nombre de minutes sur le trait du vernier, numéroté de 0 à 60 successivement, qui coïncide avec un trait du limbe.

Si d'abord on a placé l'alidade CA, fig. 4, en faisant coïncider le zéro du vernier avec le zéro du limbe, et si l'on a tourné le cercle de manière que CA soit dirigé vers un objet éloigné; puisqu'ayant fixé l'instrument dans cette position, on dirige l'alidade selon CB vers un autre objet; l'angle formé par les deux rayons visuels CA, CB, sera mesuré par l'arc de cercle entre les deux positions du zéro du vernier, c'est-à-dire l'arc compris depuis le zéro du limbe jusqu'au point du même limbe que vient affleurer CB dans cette seconde position. On lira donc sur le limbe la partie entière de la graduation, et sur le vernier la partie fractionnaire, c'est-à-dire le nombre de minutes, lequel est indiqué par le chiffre du trait du vernier qui est en coïncidence avec l'un des traits du limbe.

Si les degrés étaient partagés sur le limbe en trois parties égales, chacune de 20 minutes, il suffirait de prendre sur le vernier 19 de ces parties et de couper cet arc en 20 pour avoir la minute; si et l'on divisait 59 de ces parties du limbe en 60, on aurait des 60[es] de 20 minutes, ou des fractions de 20 secondes. On a soin de marquer les divisions du vernier de chiffres qui rendrent ces lectures faciles. Dans les cercles répétiteurs et les théodolites de 6 à 8 pouces de rayon, on divise ordinairement chaque degré en 12; chaque subdivision est alors de 5 minutes; on trace sur le vernier un arc contenant juste 59 de ces parties, et on le divise en 60; alors on lit des fractions de 5 secondes. Le vernier est marqué de traits longs, chiffrés 0, 1, 2, 3, 4 et 5, qui répondent aux minutes, et de 12 traits courts qui désignent les secondes de 5 en 5.* Fr.

VERNIS. Nous entendons par ce mot un liquide ou toute autre substance qui, appliquée sur la surface des corps, y demeure diaphane, leur communique un aspect brillant à peu près semblable à celui qu'ils pourraient avoir s'ils étaient mouillés, et qui, enfin, fait l'office d'une glace derrière laquelle ils se trouveraient placés.

L'usage des vernis, très-ancien chez les Indiens et les Chinois, n'était point connu des Grecs à l'époque où les arts florissaient chez eux.

Il paraît, d'après Pline, qu'Apelles fut le premier et le seul qui s'en servit; encore ignorons-nous s'il se servait du même vernis que les Chinois, ou d'une composition qu'il avait imaginée. L'historien se contente de dire que ce célèbre artiste ne fut imité par personne, parce qu'il enduisait ses tableaux, après les avoir terminés, d'un *atramentum* qui leur communiquait un aspect brillant, faisait ressortir l'éclat des couleurs, et les garantissait de la poussière et de tout ce qui aurait pu nuire à leur conservation. Toutes ces propriétés ne peuvent appartenir qu'à un vernis, mais elles n'en indiquent point la composition.

Le vernis des Chinois et des Japonnais est une résine produite par l'*aylanthus glandulosa*, de la famille des térébenthacées, et que les naturels du pays connaissent sous le nom de *tsi-chou*, ou arbre au vernis. Cet arbre croît naturellement dans beaucoup de provinces de la Chine et du Japon; il croît également très-bien en Europe, et y acquiert un très-grand développement. Quoique cet arbre soit abondant à la Chine et au Japon, il paraît que les habitans de ces pays le cultivent, et que la résine qu'ils en obtiennent alors est préférable à celle produite par le même arbre qui a cru spontanément. Cette résine, demi-fluide, qui a à peu près la consistance de la térébenthine la plus liquide, se récolte à plusieurs époques de

l'année. Pour l'obtenir, il suffit de pratiquer des entailles à l'écorce des arbres au moyen d'un instrument tranchant, comme cela se pratique en Europe pour la récolte de la térébenthine.

Il paraît que cette résine jouit de qualités différentes, suivant l'époque à laquelle elle a été recueillie. Les naturels du pays la mêlent en certaines proportions, et, après avoir subi quelques modifications, ce mélange constitue le vernis dont ils se servent pour recouvrir les jolis ouvrages qu'ils nous expédient par le commerce de Canton, et que nous connaissons sous le nom de laque de la Chine et du Japon.

L'*aylanthus glandulosa*, que l'on cultive en France comme arbre d'ornement, produit également la résine fluide dont nous avons parlé, et on peut l'obtenir par le moyen décrit ci-dessus; mais notre climat ne modifie-t-il pas ses propriétés? est-elle identique avec celle récoltée à la Chine? Enfin, malgré tout ce qui a été écrit sur ce sujet, connaissons-nous bien le mode de préparation auquel les Orientaux la soumettent avant de l'employer? etc. Nous ne le pensons pas. Et quand bien même toutes ces questions seraient résolues affirmativement, il ne nous semble pas probable qu'il serait possible de substituer cette résine, vu la petite quantité que chaque arbre paraît susceptible d'en produire dans notre pays, et la masse énorme de vernis employé journellement pour les besoins de notre industrie.

Il en est à la Chine et au Japon du vernis qui s'y fabrique, comme de toutes les autres pratiques employées par l'industrie de ces pays. Les naturels en gardent soigneusement le secret; les lois de ces peuples mêmes s'opposent à ce que le peu d'étrangers qui pénètrent chez eux ne puissent rien rapporter; leur discrétion, principalement sur la fabrication du vernis, est poussée à tel point, qu'au dire des voyageurs européens qui ont pénétré en Chine, il ne sort jamais de ce pays de la résine qui constitue le vernis, sans avoir subi préalablement, de la part de ceux qui l'expédient, quelques altérations qui la rendent impropre au vernissage.

Cette résine n'est d'aucun usage en Europe, et n'est recherchée que comme objet de science ou de curiosité; aussi ne nous étendrons-nous point davantage sur ses propriétés et sur l'arbre qui la produit; nous nous bornerons à renvoyer, pour plus amples détails, au Mémoire de Dincarville, tome III, des *Savants étrangers*.

Les jésuites missionnaires étant ceux qui pénétrèrent les premiers en Chine furent également les premiers qui donnèrent des renseignemens sur la fabrication des vernis. Ils publièrent diverses notices sur ce sujet et sur les moyens de vernissage employés par les peuples du Levant. Si les peintres européens ne participèrent pas aux premiers essais tentés par les jésuites, il y a tout lieu de croire qu'ils suivirent ceux-ci de très près, car ils sentirent les premiers le besoin de se servir des vernis; et, à l'imitation du célèbre peintre grec, ils en recouvrirent leurs ouvrages, afin d'en augmenter l'éclat et de les garantir des agens extérieurs.

Le goût et le luxe ayant étendu l'usage des vernis à une foule d'objets divers auxquels ils n'étaient pas destinés dans le principe, un grand nombre de personnes de diverses professions durent nécessairement s'occuper de leur fabrication. On modifia de mille manières les formules déjà connues, afin de les adapter aux objets auxquels on les destinait. Chacun gardait alors très soigneusement le secret de la composition dont il se servait, la regardant toujours comme préférable à celle de tel ou tel autre, bien qu'elle ne différât souvent que par des additions complètement inutiles. Il parut une foule de livres, et la plupart copiés les uns sur les autres, tous remplis des formules les plus bizarres, le plus souvent inexécutables, et malgré cela toujours annoncées comme des procédés merveilleux.

Tel était encore l'état des connaissances que nous possédions sur la fabrication des vernis vers le milieu du dix-huitième siècle, bien que l'on ait eu déjà occasion d'admirer les beaux ouvrages qui firent la réputation des célèbres vernisseurs Martin et Clément (1). Enfin, vers la fin de ce même siècle, parut l'ouvrage de Watin, qui, sans être exempt d'erreurs et des préjugés alors accrédités, jeta cependant quelque lumière

(1) Martin et Clément furent deux vernisseurs qui se rendirent célèbres en ce genre; mais soit qu'ils ne fussent que de simples ouvriers sans instruction, qui mirent seulement plus de soin dans leurs manipulations, ou qu'ils tinrent constamment cachés leurs procédés de vernissage, ils n'ont rien laissé; Martin seulement a donné une ou deux formules de vernis à la copale, qui, malgré la réputation de l'auteur, sont loin de ce que nous connaissons aujourd'hui.

sur l'art du vernisseur. Après lui, Tingry, savant professeur de chimie, à Genève, en publiant, au commencement du dix-neuvième siècle, sous le titre de *Traité des vernis*, etc., un livre parfaitement au niveau de la science alors, et qui fit époque en ce genre, fit connaître une foule de recherches très-minutieuses auxquelles il s'était livré, tant sur la copale que sur les autres substances qui entrent dans la composition des vernis.

Quoique les sciences et les arts aient fait de très-grands progrès depuis la publication de ces deux ouvrages, ils sont encore maintenant ce que nous connaissons de mieux fait et de plus complet sur ce sujet.

Avant de traiter de la fabrication des vernis, il est bon d'indiquer les propriétés des substances qui entrent dans leur composition; mais le cadre du Dictionnaire ne permettant pas de les passer toutes en revue, nous nous bornerons à faire connaître les caractères principaux de celles qui sont le plus généralement employées. Nous commencerons par les bitumes, les résines, et nous terminerons par les liquides qui servent de véhicule.

L'*asphalte* ou *bitume de Judée* est une substance minérale qui offre dans sa composition la plus grande analogie avec les substances végétales. Aussi pense-t-on généralement qu'elle est due, ainsi que les autres espèces du même genre, à la décomposition de certains arbres résineux enfouis dans le sein de la terre. Bien que le bitume soit un peu plus lourd que l'eau ordinaire, on le trouve en Judée dans le lac Asphaltite, d'où il tire son nom. Les eaux de ce lac étant salées, et jouissant par cela même d'une pesanteur spécifique plus grande, il nage à la surface. Sa cassure est conchoïde et d'un beau noir luisant. Il est sec, solide, très friable. Son odeur est peu sensible à froid; mais elle se développe par le frottement, et il acquiert en même temps l'électricité résineuse; il brûle avec flamme, et laisse peu de résidu.

De toutes les bitumes, celui que nous décrivons est le plus généralement employé pour la fabrication des vernis noirs, et principalement de ceux que l'on applique sur le fer pour des ouvrages extérieurs. Préparé convenablement, les peintres de tableaux tirent un tel parti de sa belle transparence, que, malgré l'inconvénient qu'il y a de l'employer dans la peinture fine, et qu'ils connaissent tous, ils n'ont rien trouvé jusqu'à présent qui puisse le remplacer.

On le falsifie le plus ordinairement avec de la poix noire, ou le résidu de la distillation du succin, dans la fabrication de l'acide succinique. Ces deux substances sont faciles à reconnaître; la première est plus facile à casser que le bitume; son odeur n'est pas la même; elle se ramollit entre les doigts; fondue dans les liquides qui servent à la fabrication des vernis, elle ne sèche que très-difficilement. La seconde est plus dure que le bitume; sa cassure est conchoïde, rayée et terne; elle ne se font pas. Quand on la chauffe dans un vase avec des huiles fixes, elle les absorbe, se ramollit, se gonfle à-peu-près comme une éponge, et reste en cet état, à moins qu'on porte la température à un très-haut degré.

Résine copale. On connaît dans le commerce deux résines qui portent ce nom, et le plus souvent mélangées ensemble. L'une est très-dure et l'autre est tendre; on les emploie également à la fabrication des vernis : mais les résultats qu'elles produisent sont tellement différens qu'il est bon de faire connaître les caractères qui appartiennent à chacune d'elles.

Copale dure. Cette résine, qui est la plus estimée, nous arrive de l'Inde. Après avoir été mondée au vif, pour nous servir de l'expression des négocians, elle est d'un blanc légèrement jaunâtre ou fauve, et quelquefois citron, suivant le degré de pureté dont elle jouit. Elle est tellement dure que l'ongle n'y laisse aucune trace; on est obligé d'avoir recours à un instrument en fer pour l'entamer. La cassure est vitreuse, et lorsqu'elle est sans couleur, les petits fragmens qui s'en détachent en la brisant ressemblent complètement à des morceaux de cristal. La croûte extérieure qui la couvre est d'une teinte plus foncée, terne, et toujours marquée de l'empreinte d'un sable très-grossier dans lequel elle paraît avoir séjourné; quelquefois même ce sable y adhère encore. A froid, elle est insipide et presque inodore; elle se ramollit au feu; elle exhale une odeur particulière; elle ne se fond qu'à une température très-élevée; et, pour y parvenir sans la colorer, il faut se servir d'un ballon de verre, et l'exposer avec précaution à l'action d'un brasier assez ardent pour en rougir le fond en très-peu d'instans. Alors elle se ramollit,

se gonfle et se fond. La portion fondue entre en ébullition et se tuméfie au point d'occuper un espace triple ou quadruple; cette tuméfaction continue jusqu'à ce que la fusion soit complète; enfin, elle s'affaisse et bout tranquillement. Pendant tout ce temps, il s'en dégage une huile volatile très-abondante et très âcre qui fait mal aux yeux et à la gorge.

La composition de la résine copale paraît très-complexe. L'alcool à 45° n'en dissout qu'une très-minime quantité. Le résidu insoluble, traité par l'éther, est également attaqué, mais non complètement dissous; et après avoir épuisé l'action de ces deux agens sur cette substance, il y a toujours un résidu très-considérable. Les huiles volatiles de lavande, d'aspic, de romarin, le camphre dissous dans une huile volatile ou l'alcool dissolvent à froid une petite quantité de copale. L'essence de térébenthine, avec laquelle on la combine très-aisément, en la fondant d'abord, comme nous le dirons plus loin, n'a sur la copale aucune action à froid. Les huiles fixes sont tout-à-fait dans le même cas.

La résine copale a beaucoup d'analogie avec le succin; comme lui, elle renferme très-souvent des insectes. Soumise à la distillation, elle donne, ainsi que l'annonce M. Guibourt, de l'eau, de l'huile et du charbon, en aussi grande quantité que le succin; plus, la matière jaune observée par MM. Robiquet et Colin, dans l'examen chimique de ce dernier; mais elle en diffère cependant par l'absence de l'acide succinique.

Nous ne connaissons point l'arbre qui produit la copale; Lémery l'a attribuée à un arbre semblable à un courbaril qui croit aux Antilles; d'autres, au *rhus copallinum* qui croit au Mexique; d'autres, enfin, au *vateria indica* de Linnée (*eleocarpus copallifera* de Retz). Comme on trouve cette résine dans la terre, et non sur l'arbre qui la produit, la question est difficile à résoudre; mais cependant, d'après les laborieuses recherches de M. Guibourt, il paraiterait que Lémery serait celui qui s'est le plus approché de la vérité; seulement, il se serait trompé sur le lieu de son origine.

Copale tendre. Cette résine vient également de l'Inde. Mélangée avec la copale dure elle est moins pesante que la première; quelques morceaux sont d'une belle transparence; d'autres, légèrement opaques et comme un peu laiteux. Elle est plus fusible, facile à rayer avec un corps dur; elle exhale une odeur faible, mais assez agréable. La croûte extérieure porte également l'empreinte du sable dans lequel elle paraît avoir séjourné. Quoique soumise à l'action des agens extérieurs, comme la première, elle n'a point acquis les mêmes propriétés. Cette raison autorise M. Guibourt à penser qu'elle n'appartient pas au même arbre, et cependant il l'attribue à une des espèces du genre *hymenea*. Soumise à l'action de l'alcool froid, elle s'y dissout en partie; la portion non soluble se ramollit considérablement, et acquiert des caractères analogues à ceux du gluten.

Les huiles volatiles, à froid, ont peu d'action dessus; celles de lavande, d'aspic, et de romarin en dissolvent une petite quantité, celle de térébenthine la ramollit complétement, lui donne l'aspect d'une gelée tremblante. Lorsqu'en cet état on la presse entre les doigts, on en sépare la portion gélatineuse qui s'allonge et se contracte comme du caoutchouc très-mou. En la faisant bouillir avec ces huiles volatiles, elle s'y dissout complètement et en toute proportion.

Gomme-laque. La laque, improprement nommée gomme-laque, est une substance résineuse qui nous vient de l'Inde, et qui exude de l'extrémité des jeunes branches du *ficus religiosa, ficus indica,* et surtout du *croton lacciferum*, à la suite des piqûres du *coccus lacca,* insecte hémiptère. Cet insecte se renferme dans le suc sorti de ses piqûres, y grossit et y produit une assez grande quantité de vers, qui eux-mêmes se changent en insectes, et s'échappent par une ouverture qu'ils pratiquent lorsque le suc qui les contenait a pris de la consistance.

On connaît dans le commerce trois sortes de laques : la laque en bâton, la laque en grain et la laque plate : toutes trois sont la même chose. La laque en bâton porte ce nom parce qu'elle adhère encore aux petites branches de l'arbre qui l'a produite; celle en grain est la même qui s'est détachée; enfin, la laque plate est encore la même; seulement, pour l'avoir en cet état, on l'a soumise à l'action de l'eau bouillante alcalisée pour en séparer une matière colorante rouge, et ensuite coulée en couche mince, sur une surface unie.

Elle est plus ou moins foncée, suivant qu'elle a été plus ou moins bien décolorée,

et suivant qu'elle a été coulée en plaques plus ou moins minces. De là les désignations qu'elle porte dans le commerce, de laque blonde, rouge ou brune.

La laque est d'une nature assez compliquée. Suivant l'analyse publiée par Hatchett, elle contient, outre la résine qui fait la base de plusieurs vernis très-recherchés, une matière colorante assez abondante, de la cire et du gluten. Toutes ces laques sont également employées à la fabrication des vernis; indiquer celle à laquelle on doit donner la préférence nous semble inutile, puisque l'artiste doit savoir les choisir pour l'objet auquel il destine le vernis qu'il veut fabriquer.

Mastic. Le mastic est une résine qui nous arrive de plusieurs contrées, mais l'île de Chio paraît être celle où l'on en récolte le plus; on y cultive même avec soin le *pistacia lentiscus* de Linnée, qui est l'arbre qui le produit. La récolte s'en fait en pratiquant des incisions à l'écorce de l'arbre; une partie de la résine qui en découle s'attache à l'arbre et s'y solidifie: c'est le mastic en larmes; celle qui tombe à terre constitue le mastic commun, celui que l'on rencontre le plus ordinairement dans le commerce. Cette résine est en larmes d'un jaune pâle; les plus grandes sont aplaties et de forme irrégulière. La surface est mate et farineuse, effet produit par le frottement continuel des larmes les unes sur les autres.

Sa cassure est nette, et sa transparence n'est pas toujours parfaite. L'odeur en est douce, assez agréable et la saveur aromatique. Quand on le mâche, il s'écrase sous les dents sans y adhérer, et devient très-ductile.

Le mastic est composé de deux résines distinctes qui sont faciles à séparer. Si on le traite par l'essence de térébenthine, il en reste environ un dixième qui ne se dissout pas. Après avoir épuisé l'action de cet agent sur ce résidu, si on le traite par l'alcool à 36°, il se dissout complètement, même à froid. Si l'on place ensuite cette solution résineuse dans un vase plat, et qu'on facilite la vaporisation de l'alcool, soit par le soleil ou l'étuve, on obtient une résine un peu brune, dont la transparence n'est pas parfaite, qui exhale une odeur agréable, qui rappelle un peu celle de l'encens. L'autre partie, en solution dans l'essence de térébenthine, constitue, si elle est assez chargée, le vernis que l'on applique sur les tableaux.

On falsifie souvent le mastic avec de la sandaraque; la fraude est facile à reconnaître, d'abord par l'aspect, ensuite par la mastication. Cette dernière résine ne se ramollit pas sous les dents, comme le mastic; elle se pulvérise. Le moyen le plus certain de découvrir la sophistication est d'en traiter une partie par 4 parties d'essence sans la pulvériser; le mastic seul se dissoudra, et les grains de sandaraque resteront à-peu-près intacts, si l'opération a été faite au bain-marie. On doit, avant d'employer le mastic, le laver pour en séparer la terre, et le tirer pour enlever toutes les parties ligneuses et les morceaux colorés.

Sandaraque. La sandaraque est une résine qui, suivant Desfontaines, nous vient d'Afrique, et découle du *thuya articulata*, de la monœcie monadelphie, et de la famille des conifères.

Cette résine est en larmes, d'un jaune pâle, recouverte d'une poussière blanche que le frottement y fait naître. Sa cassure est vitreuse et diaphane; sa saveur est nulle, et son odeur peu sensible.

Elle est insoluble dans l'eau et dans l'essence de térébenthine.

On la falsifie souvent avec du gros sable blanc, de petits fragmens de cristal de roche, ou encore avec des menus de copale, quand celle-ci est à bas prix. Tous ces mélanges sont faciles à apercevoir, puisque toutes ces substances sont insolubles dans l'alcool, et que la sandaraque, au contraire, s'y dissout complètement.

L'art du vernisseur tire un grand parti de cette résine. Associée avec d'autres qui corrigent un peu sa sécheresse et sa friabilité, elle fait la base de presque tous les vernis à l'alcool. Pour avoir un beau produit, il faut avoir soin de la laver complètement, d'en séparer tous les fragmens ligneux et les morceaux colorés. Les anciens fabricans de vernis recommandaient de la laver avec de l'esprit de vin. Nous pensons que cela est inutile et dispendieux, et qu'enfin le lavage à l'eau et le tirage parfait suffisent.

Succin. Le succin est une substance que l'on trouve dans la terre, et que l'on regarde généralement comme d'origine végétale. *V.* l'article Succin.

Le succin est à-peu-près insoluble dans l'alcool. Les huiles fixes et volatiles n'ont aucune action sur lui à froid; mais, étant fondu, on le combine facilement avec ces dernières, et alors il constitue le vernis au

succin. Ce vernis, quoique très-solide et de bonne qualité, quand il est fait dans de bonnes proportions, est peu employé, parce qu'il est toujours très-coloré, et qu'en outre le succin est ordinairement toujours plus cher que la copale, qui peut très-bien le remplacer.

Térébenthine. On connaît dans le commerce un assez grand nombre d'espèces de térébenthines, toutes produites par des pins ou des sapins; elles diffèrent entre elles suivant le lieu où on les a récoltées et l'arbre qui les a produites. Elles sont toutes employées à la fabrication des vernis. *V.* l'article Térébenthine.

Le galipot. C'est encore un produit des pins et des sapins; on le récolte après la térébenthine, et il est également employé à la fabrication des vernis. On le trouve dans le commerce sous forme de croûtes plus ou moins sèches, jaunâtres, opaques, d'une odeur de térébenthine, d'une saveur amère. *Voyez*, pour le mode de purification, les articles Galipot et Térébenthine de ce Dictionnaire.

Tous les produits secondaires des pins et des sapins, tels que la résine, la poix blanche ou de Bourgogne, la poix noire, le goudron, etc., sont également employés au vernissage, et principalement pour les constructions navales. Leurs différens modes de fabrication et de préparation ne pouvant être rapportés ici, nous renvoyons à l'*Histoire des drogues* de M. Guibourt, où ils sont parfaitement décrits.

Des fluides employés à la fabrication des vernis.

Les fluides qui servent de véhicule dans la fabrication des vernis sont peu nombreux; ils se réduisent à deux seulement : l'alcool et l'essence de térébenthine. L'huile de lin et de noix, rendues siccatives, entrent également dans la composition de certains vernis; mais elles ne doivent point être considérées comme véhicule, attendu qu'elles ne servent qu'à en modifier les propriétés.

Si nous voulions suivre Tingry et les divers auteurs qui ont écrit sur les vernis, nous en admettrions un plus grand nombre; car l'éther, les huiles volatiles et l'eau même, peuvent être employés et le sont quelquefois; mais les vernis qui en proviennent sont peu employés.

L'alcool que l'on emploie le plus ordinairement pour la fabrication des vernis est de l'alcool commun, c'est-à-dire de mauvais goût, tel que celui que l'on obtient actuellement des cidres, bierres, fécules, mélasses, etc. Le bon ou le mauvais goût sont en effet ce qui importe le moins dans cette circonstance; mais on doit avoir soin qu'il soit pourvu d'une densité convenable, suivant le vernis auquel on le destine, et de plus d'une limpidité parfaite. L'alcool connu dans le commerce sous le nom de *trois-six* est celui dont on consomme le plus. Il marque 33° à l'aréomètre de Cartier, et 85° à l'alcoomètre centésimal; dans cet état, aidé d'une température de 45 à 50°, il dissout très-facilement la plupart des résines, et il est propre à la fabrication des vernis.

L'*essence de térébenthine* est une huile volatile que l'on obtient par la distillation des diverses résines qui découlent des conifères. (*Voyez*, pour ses propriétés, l'article Huile volatile.)

Cette huile volatile est une des substances les plus importantes pour l'art du vernisseur; elle entre dans la composition d'un grand nombre de vernis; elle sert de véhicule à tous ceux connus sous le nom de vernis à l'essence, et à ceux appelés vernis gras.

L'essence du commerce est toujours d'une légère teinte jaune verdâtre; on doit donner la préférence à celle qui sèche promptement et dont la couleur est la moins prononcée. Quelquefois elle est visqueuse, propriété qu'elle doit ou à de la térébenthine qu'elle contient, ou à une sorte de résinification qui s'opère par le temps; en cet état, elle sèche difficilement, et ne peut être employée à la fabrication des vernis.

Quand on veut préparer des vernis à l'essence sans couleur, et qui doivent sécher promptement, comme le vernis à tableaux, on doit la distiller de nouveau, afin de l'obtenir incolore et complètement privée du peu de térébenthine qu'elle contient toujours. On attribue à la présence de cette résine le jaunissement et l'aridité que ce vernis acquiert promptement quand il n'est pas préparé avec soin. Pour les vernis employés pour la peinture en bâtiment, il est inutile d'avoir recours à cette opération; car le vernis est toujours assez coloré, et la térébenthine qui peut se trouver dans l'essence ne nuit pas.

Les huiles fixes entrent, comme nous l'avons déjà dit, dans la composition de

certains vernis que l'on désigne sous le nom de vernis gras. De toutes ces huiles, celle de lin est celle que l'on emploie le plus souvent. La cause de la préférence qu'on lui accorde tient à ce qu'elle est plus onctueuse que les autres, qu'elle se solidifie plus promptement à l'air, et qu'elle conserve plus de transparence en séchant.

Cette huile, que l'on obtient par contusion et par expression des semences du *linum usitatissimum*, mérite une attention particulière de la part du peintre et du fabricant de vernis. *Voyez*, pour l'extraction, l'article Huiles fixes.

Obtenue à froid ou à chaud, elle est toujours d'une couleur jaune assez prononcée. Cette couleur, que l'on attribue à l'enveloppe de la semence qui contient l'huile, est facile à faire disparaître ; il suffit, pour y parvenir, d'exposer l'huile en couche mince à l'action directe des rayons solaires. Les sels de plomb produisent aussi cette décoloration, mais ce moyen est long ; de plus, l'huile, ainsi décolorée, n'est jamais limpide, parce qu'il s'en sépare lentement une petite quantité d'oxide de plomb qui reste en suspension et qui trouble sa transparence. La propriété siccative dont jouit cette huile à un assez haut degré peut encore être augmentée ; et cela est presque toujours utile quand on la destine à la fabrication du vernis. Le moyen que l'on emploie est bien connu ; il consiste à la combiner avec une plus ou moins grande quantité d'oxide de plomb. Il n'existe peut-être pas dans les arts de procédés qui aient subi autant de modifications que celui-ci. On trouve des recettes pour rendre les huiles siccatives dans tous les anciens ouvrages qui contiennent de prétendus secrets sur les arts. Presque toutes diffèrent entre elles : dans les unes, on recommande l'ail comme une chose très-utile ; dans les autres, la mie de pain ; dans d'autres enfin, on indique l'emploi du talc en poudre et de la terre d'ombre en assez grande quantité ; quelques-unes de ces recettes réunissent même toutes ces substances. Toutes ces formules simples ou compliquées se réduisaient à la même chose, puisque ces divers ingrédiens étaient toujours accompagnés d'un sel ou d'un oxide de plomb, et quelquefois même d'un sel de zinc, qui étaient les vraies substances qui, en se combinant avec l'huile, pouvaient apporter quelques modifications à ses propriétés. Maintenant que la chimie organique est mieux étudiée, et que les belles recherches de M. Chevreuil ont fait connaître l'action qu'exercent les divers oxides métalliques sur les corps gras, toutes ces substances, que l'on regardait comme servant à rendre les huiles siccatives, ont été retranchées, et l'oxide de plomb seul est employé actuellement.

Nous allons entrer dans quelques détails sur la préparation des huiles siccatives, attendu qu'employées seules ou mélangées avec quelques substances colorantes, elles font, dans certains cas, l'office de vernis.

La préparation des huiles siccatives ne présente pas de grandes difficultés quand la couleur qu'elles sont susceptibles d'acquérir par l'action du feu ne nuit pas à l'emploi auquel on les destine ; mais il n'en est pas de même quand on désire les obtenir peu ou point colorées. Dans le premier cas, l'opération se fait tout simplement en mettant dans une bassine en cuivre une certaine quantité d'huile de lin, et y ajoutant un ou deux huitièmes de son poids de litharge réduite en poudre très-fine. On place ce mélange sur un feu doux, capable cependant de le faire entrer en ébullition ; on maintient cet état en ayant soin de remuer très-souvent avec une spatule, afin d'empêcher l'oxide de plomb de se précipiter au fond et de s'y attacher. Quand l'ébullition est un peu forte, l'huile se tuméfie au point de se répandre au dehors, si l'on n'a pas la précaution de retirer la bassine de dessus le feu, et si celle-ci n'est pas d'une capacité telle qu'elle puisse contenir deux mélanges aussi considérables que celui sur lequel on opère. Après une heure d'ébullition, l'opération est ordinairement terminée ; d'ailleurs la disparition à-peu-près complète de l'écume est un indice assez certain de la terminaison. On laisse refroidir l'huile dans la bassine ; ensuite on la verse dans des vases en grès, où elle laisse déposer un sédiment assez considérable. Cette huile, qui est plus ou moins noire, suivant que l'action du feu a été plus ou moins vive et prolongée, devient, après plusieurs jours de repos, assez limpide pour être employée aux divers usages de la peinture en bâtiment. Quand on veut la faire servir à des opérations délicates, on la filtre au travers d'un papier ; cette opération est longue, mais on l'accélère beaucoup quand on peut disposer de la chaleur d'une étuve. Dans le second cas, c'est-à-dire quand on veut obtenir des huiles

siccatives le moins colorées possible, on s'y prend de diverses manières.

D'abord on peut opérer, comme ci-dessus, en tenant ce mélange pendant environ deux heures sur un feu assez modéré, pour ne pas le porter au point de l'ébullition, et remuant continuellement avec une spatule, pour empêcher l'oxide de plomb de se précipiter, et en ayant soin d'enlever la bassine de dessus le feu aussitôt que l'on remarque que l'écume devient un peu rousse. Par ce moyen, l'huile est un peu moins siccative, il est vrai, que par le premier procédé; mais elle l'est assez pour tous les besoins de la peinture fine, et même de la peinture en décors. Dans cet état, elle peut même être employée à la fabrication des vernis gras avec plus d'avantage que la première, puisqu'elle est moins colorée. En suivant ce procédé, il faut, aussitôt que l'opération est terminée, faire refroidir l'huile très-promptement en plongeant le fond de la bassine dans un baquet rempli d'eau, et la transvaser dans des vases que l'on puisse boucher aussitôt que la température est assez abaissée, pour ne pas courir le risque de les casser. Si, au lieu d'avoir cette précaution, on la laisse refroidir lentement, elle se prend en une masse qui a la consistance d'une gelée demi-tremblante; par cette raison, elle ne se clarifie point par le repos, et ne peut être employée. Si, en cet état, on la place sur un filtre, il s'en sépare lentement une assez grande quantité d'huile siccative pourvue de toutes les qualités requises; la portion qui reste sur le filtre acquiert en se séparant de l'huile fluide une consistance onguentacée, et cause une perte assez considérable.

Si, au lieu de soumettre le mélange à l'action directe du calorique, comme nous l'avons indiqué pour les deux procédés déjà décrits, on y ajoute de l'eau que l'on remplace à mesure qu'elle s'évapore, elle tient lieu de bain-marie, et l'on obtient une huile à-peu-près aussi siccative que par le procédé ci-dessus, qui est un peu moins colorée que l'huile de lin naturelle, et qui se décolore encore un peu en vieillissant. Ce procédé présente plus de difficultés que le premier. Si l'opération a été poussée un peu trop loin, l'huile acquiert une densité à peu près égale à celle de l'eau, et une partie se transforme en une sorte d'emplâtre que l'on a beaucoup de peine à séparer. Enfin, si l'on place dans une étuve chauffée à une température d'environ 25° un mélange à partie égale d'huile de lin préalablement décolorée et de litharge en poudre fine, qu'on le maintienne à cette température pendant environ quinze jours ou même trois semaines, en ayant soin de l'agiter de temps en temps, on obtient une huile assez siccative et sans couleur, que l'on peut employer avec avantage pour la fabrication des vernis gras non colorés.

Tout ce que nous venons de dire de l'huile de lin peut s'appliquer également à l'huile de noix et à toutes les huiles qui peuvent être rendues siccatives.

Préparation des vernis.

Comme nous l'avons déjà dit, deux liquides seulement servent de véhicule aux vernis; mais les huiles fixes rendues siccatives qui entrent dans la composition de quelques-uns, et qui en modifient les propriétés d'une manière remarquable, nous engagent à faire de ceux-ci un genre particulier, et nous décrirons à part leur mode de fabrication.

Tous les vernis se préparent avec des substances qui s'enflamment avec une grande facilité. On doit donc s'entourer de toutes les précautions nécessaires pour parer aux accidens qui pourraient avoir lieu pendant leur fabrication. L'autorité, qui connaît parfaitement tous les inconvéniens du voisinage des fabriques de vernis, ne permet pas à ce genre d'industrie de s'établir dans l'intérieur des villes, et tous les fabricans sont forcés d'avoir leurs fabriques, sinon à la campagne, au moins près des barrières.

Les vernis à l'alcool, par lesquels nous allons commencer, sont faciles à préparer, et les appareils qu'ils nécessitent sont très-simples. Quand on agit sur de petites quantités, un matras en verre suffit; quand on agit sur de grandes masses, on se sert alors d'un appareil distillatoire complet, c'est-à-dire d'un alambic muni de toutes ses pièces, et l'on opère toujours à la température du bain-marie. Le chapiteau de cet alambic, qui, du reste, est tout-à-fait semblable à celui des autres appareils distillatoires, est traversé vers la partie inférieure par une pièce en fer fixée, par les deux bouts, aux bords intérieurs du chapiteau. Cette pièce est percée à son milieu d'un trou qui correspond verticalement avec une douille placée à la partie supérieure de ce même chapiteau. Par ce moyen, on peut tenir dans une

position verticale une tige de fer arrondie qui s'engage dans la douille et dans le trou de la pièce transversale dont nous venons de parler. Cette tige de fer, qui pénètre jusqu'au fond du bain-marie, s'ajuste à sa partie inférieure avec une autre pièce en fer disposée en croix ; la partie supérieure, qui s'élève de deux pouces au-dessus du chapiteau, porte un petit carré un peu moins gros que le reste de la tige ; ce carré est lui-même surmonté d'une vis munie d'un écrou : sur ce carré s'ajuste une petite manivelle qui doit être facile à démonter. On ajuste un bouchon de liége fin sur la douille du chapiteau ; on perce celui-ci à son centre, de façon que la tige de fer dont nous venons de parler, et qui doit être bien arrondie vers la partie supérieure, puisse le traverser avec frottement. On graisse un peu cette partie de la tige, afin d'en rendre le frottement plus doux. (*Voyez* la planche 77 des Arts chimiques.)

Quand on fabrique du vernis, on introduit dans le bain-marie les substances destinées à sa composition ; on monte l'appareil, on ajuste le serpentin, enfin on allume le feu, et on chauffe jusqu'au point de l'ébullition de l'alcool, ce qui se reconnaît quand il commence à distiller. Alors on éteint le feu, et on laisse l'appareil en cet état pendant plus ou moins long-temps, suivant que les résines sont plus ou moins faciles à fondre. Si l'on a besoin de les remuer pour faciliter leur solution, on conçoit qu'il suffit de tourner la manivelle pour y parvenir sans rien déranger. On remarque que l'opération est terminée quand on peut tourner la manivelle sans difficulté. Enfin, on démonte l'appareil ; on passe le vernis au travers d'un linge, et on l'introduit dans de grands vases en grès, où il dépose et s'éclaircit, ou bien on le filtre au travers d'un papier, si on a besoin de l'employer de suite. Cette dernière pratique est bonne à employer en petit, car elle donne beaucoup plus de qualité au produit ; mais, en grand, elle est longue, dispendieuse, et ne peut pas être mise en usage.

On retire toujours une certaine quantité d'alcool par la distillation qui a lieu pendant la solution des résines ; comme cette quantité de liquide serait en moins et rendrait le produit plus épais qu'il ne doit être, on le mêle au vernis, afin de lui redonner la fluidité convenable.

On doit avoir soin de ne remplir le bain-marie qu'à moitié ou aux deux tiers ; car, lorsque l'alcool a acquis un peu de viscosité, s'il entre en ébullition, il peut arriver qu'il se tuméfie au point de passer par le bec du chapiteau ; il peut s'en répandre un peu par la jonction des vases ; outre ces inconvéniens, il peut encore arriver que quelques portions de résine, entraînées par la tuméfaction, obstruent le conduit et ferment toutes issues aux vapeurs : alors elles soulèveraient le chapiteau, et pourraient occasioner un incendie très-difficile à éteindre si la masse de vernis était considérable.

Vernis blanc à l'alcool, n° 1.

Sandaraque.	0,250 gram.
Mastic en larmes. . .	64
Résine élemi.	32
Térébenthine.	64
Alcool à 33°. Cart. 85° centésim.	1 litre.

On met la sandaraque, le mastic et la résine élemi dans un matras ou dans un bain-marie, suivant la quantité sur laquelle on opère : on verse l'alcool, et l'on procède comme nous l'avons indiqué ; on réserve la térébenthine, que l'on fond à part au bain-marie, et que l'on ajoute au reste quand la solution des autres résines est complète ; ensuite on passe au travers d'un linge ou d'un filtre, et on conserve dans des vases qui ferment bien.

Ce vernis est très-brillant, peu coloré, susceptible d'être poncé et poli, bien qu'il ne jouisse pas d'une très grande dureté. On l'emploie le plus souvent à l'intérieur pour les boiseries d'appartemens, ou pour appliquer sur des papiers peints imitant les bois polis, et en général pour tous les objets qui ne sont pas susceptibles d'être frottés par des corps durs.

On trouve dans le commerce deux autres vernis fabriqués suivant le même procédé, et que l'on désigne par n° 2 et n° 3. Ces vernis ne diffèrent de celui dont nous venons de parler qu'en ce que, dans le n° 2, on remplace la résine élemi par le double de galipot, et, dans le n° 3, le galipot remplace également le mastic ; et de plus, la térébenthine que l'on fait entrer dans l'un et dans l'autre est tout simplement de la térébenthine de Bordeaux. Ces vernis, moins beaux et moins solides que le n° 1, sont réservés pour des objets moins soignés.

Vernis pour les bois de Spa.

Copale tendre.	0,750
Mastic en larmes.	125
Térébenthine de Venise. . .	64
Alcool à 40°. Cart. 95° centésim.	1 litre.

On commence par faire agir l'alcool sur la copale, lorsque toute la partie non soluble est transformée en une substance molle, élastique, à-peu-près comme du caoutchouc; on passe au travers d'un linge pour la séparer, et l'on ajoute le mastic; lorsqu'il est fondu, on ajoute la térébenthine, que l'on a préalablement fait fondre au bain-marie; on agite un peu, elle s'incorpore; et, pour terminer ce vernis, il suffit de le filtrer. Toutes ces manipulations doivent être faites à froid ou à une basse température, si l'on veut obtenir un beau produit.

Ce vernis, qui est destiné à recouvrir de petits ouvrages très-soignés, doit être blanc, très-siccatif, et susceptible d'être poncé et poli.

Vernis pour les trains d'équipages.

Sandaraque.	0,	190 gram.
Gomme laque blonde. . .	»	95
Colophane.	»	125
Térébenthine de Bordeaux.	»	190
Alcool à 33°. Cart. 85° centésim.		1 litre.

On dissout les résines dans l'alcool. On ajoute la térébenthine; on passe, et on conserve dans des vases bien fermés.

Ce vernis sert à détremper les couleurs que l'on applique en dernier lieu sur les trains et les roues des voitures de luxe.

Vernis pour les instrumens de musique.

Sandaraque en larmes. .	0,	125
Gomme laque en grains. .	»	64
Mastic en larmes. . . .	»	64
Térébenthine de Venise. .	»	64

Le mode de fabrication de ce vernis ne diffère en rien des autres; il doit être filtré.

Vernis des ébénistes.

Gomme-laque blonde . . .	»	750
Mastic en larmes. . . .	»	64
Alcool à 36°. Cart. 90° centésim.		1 litre.

On opère la solution de ces résines à froid, dans un matras, en ayant soin de remuer souvent; ce vernis, qui est solide et très-coloré, sert à donner le lustre aux meubles en acajou. Les ébénistes l'emploient sans le filtrer; il est toujours trouble.

On fait, avec les mêmes résines et les mêmes proportions, et de l'alcool à 40°, un vernis qui sèche avec beaucoup de promptitude, qui est employé par les relieurs. Quand toutes les opérations de la reliure sont terminées, malgré tout le soin que l'on ait pu y apporter, le lustre du maroquin est toujours altéré; on le rétablit très aisément en passant dessus, avec un tampon de coton, une très légère couche de ce vernis. Pour cet usage, il doit être fait avec soin et filtré.

Vernis de Watin pour la dorure.

Gomme-laque en grain. .	0,	125
Gomme-gutte.	»	125
Sang-dragon.	»	125
Rocou.	»	125
Safran.	»	32

On fait fondre à froid chaque résine dans un litre d'alcool à 36°; on fait deux teintures séparées avec le sang-dragon et le rocou dans un litre d'alcool à 36°, divisé en deux parties; on filtre ces diverses solutions et teintures, et on les conserve dans des vases séparés. Quand on veut s'en servir, on les mêle en proportions convenables pour obnir les tons d'or que l'on désire.

On fabrique beaucoup d'autres vernis de cette nature qui servent à faire des paillons; Tingry les nomme vernis mutatifs, et il donne, dans son ouvrage, plusieurs formules qui nous paraissent mériter l'attention de ceux qui s'occupent de ce genre d'industrie.

Vernis à décalquer.

On emploie, pour fixer les gravures ou les lithographies sur le bois où l'on veut les transporter, un vernis que l'on connait dans le commerce sous le nom de *mordant*, et que l'on fabrique comme les autres; seulement on y fait entrer une plus grande quantité de térébenthine, afin de le rendre plus agglutinatif.

Sandaraque.	0,	250
Mastic en larmes. . . .	»	64
Galipot en larmes. . . .	»	125
Térébenthine de Venise. .	»	250

Ce vernis sèche lentement; il doit être préparé avec soin et filtré, afin qu'il ne ternisse pas les lithographies sur lesquelles on l'applique.

On fait aussi avec l'éther quelques vernis dans lesquels on fait entrer la copale ou le caoutchouc ; nous ne les rapporterons pas, parce que ces vernis ne servent que dans des cas très-peu nombreux, et l'on peut en trouver, dans l'ouvrage de Tingry, plusieurs formules qui peuvent mettre sur la voie pour en préparer d'autres.

Vernis gras.

Les vernis gras sont des vernis à l'essence, dans la composition desquels on fait entrer les huiles fixes rendues siccatives ; celles-ci leur communiquent la souplesse nécessaire, sans pour cela retarder sensiblement leur solidification. La résine copale et le succin en sont toujours la base. Leur fabrication, quoique simple, est loin d'être sans difficulté ; il faut même, pour se tenir en garde contre toutes les chances d'accidens qu'elle présente, non-seulement beaucoup de soin, mais encore certaine habitude de ces manipulations.

Les appareils en usage sont très simples. Presque toutes les personnes qui ont écrit sur les vernis à la résine copale et au succin ont indiqué de se servir, pour cette opération, d'un pot de terre vernissé, avec ou sans couvercle. Ce moyen nous paraît très-défectueux ; outre les dangers d'incendie qu'il présente, ces substances, fondues dans un tel vase, se colorent considérablement, et, par cette raison, le vernis qui en provient est toujours assez foncé. Si à cet inconvénient on ajoute la teinte noire produite par l'huile siccative, toujours très-colorée, et qui entre dans la composition, il est difficile de concevoir comment on a pu fabriquer avec de tels moyens les vernis blancs à la copale, dont il est question dans tous les ouvrages sur cette matière.

Si l'on pouvait combiner la copale avec les huiles, à mesure que sa fusion s'opère, on obtiendrait des vernis presque incolores, mais ce problème est encore à résoudre. Tingry a décrit dans son ouvrage, et dans une autre intention, un appareil qui semblait destiné à atteindre ce but. Bien que cet appareil, assez ingénieux, soit resté sans utilité, il n'est peut-être pas impossible d'y apporter quelques modifications qui puissent le rendre utile. Il consiste en un fourneau en terre, à peu près de la forme d'un fourneau à réverbère sans porte, et dont la grille serait remplacée par un diaphragme également en terre, et percé à son centre d'un large trou rond. L'air nécessaire à la combustion pénètre par plusieurs trous pratiqués à la circonférence ; un cylindre un peu conique, en tôle de fer, de quelques pouces moins long que le fourneau, s'engage dans le trou du diaphragme, et le ferme hermétiquement. Ce cylindre, mis en place, ne doit pas dépasser les bords supérieurs du fourneau, et doit être muni d'un couvercle à gorge, également en tôle, ou d'un tampon en terre cuite qui ferme la partie supérieure aussi bien que possible ; le bas reste ouvert. Ce cylindre doit encore porter intérieurement à sa partie supérieure quelques points d'attache au moyen desquels on suspend dans son intérieur une espèce de sac en toile métallique que l'on remplit de copale ; ensuite on ferme l'ouverture au moyen du couvercle dont il a été question ; on lute avec de la terre la portion de ce couvercle avec les bords du cylindre ; on emploie la même précaution pour le diaphragme avec le cylindre. Les choses ainsi disposées, et la partie supérieure du cylindre entourée de charbon allumé, on conçoit que la copale fondera, et qu'elle s'écoulera en bas en traversant le sac de toile métallique dans lequel elle est enfermée, sans avoir éprouvé d'altération sensible de la part du feu ; on conçoit encore qu'elle pourra s'incorporer de suite avec de l'huile bouillante dans laquelle on la fera tomber. (*Voyez* la planche 77 des Arts chimiques, et le *Traité des vernis* par Tingry.)

La fabrication des vernis a éprouvé de grandes améliorations et est susceptible d'en éprouver encore. On a renoncé à se servir du pot de grès conseillé par les anciens manipulateurs ; on l'a remplacé par un matras en cuivre ; on ajuste tout autour de la panse de ce vase une lame de cuivre assez large et disposée en gouttière. Cette pièce sert à prévenir les accidens du feu (*voyez* planche 77 des Arts chimiques). Si la copale fondue se tuméfie au point de se répandre au dehors, elle coule le long du col du matras, s'arrête dans la gouttière, et l'on a le temps d'enlever le vase du feu avant que l'inflammation se manifeste. Il doit être muni d'anses ou d'un manche assez long pour pouvoir l'enlever commodément sans se brûler. Il doit aussi être d'une dimension telle que l'on puisse fondre environ deux à trois kilogrammes de copale chaque fois ; et l'on se souvient que cette substance, en se fondant, peut occuper un espace trois ou qua-

tre fois plus grand qu'auparavant. Ce vase a un grand avantage sur ceux employés jadis; la chaleur y est beaucoup plus uniforme et plus élevée, et quoique la copale soit mauvais conducteur du calorique, elle fond avec beaucoup plus de promptitude, et par conséquent avec moins d'altération.

M. Mérimée, qui s'est occupé de la fabrication des vernis gras, conseille d'ajuster sur le col du matras dont nous venons de parler, un tube de fer ou de cuivre, long d'environ deux pieds, et garni à sa partie supérieure d'une toile métallique assez serrée. Il conseille encore de placer une petite tubulure à côté du col du matras; il la ferme au moyen d'un bouchon de liége qu'il enlève quand il veut remuer la matière en fusion. Les vapeurs qui se dégagent pendant l'opération traversent aisément la toile métallique, et si l'on veut éviter l'odeur désagréable qu'elles répandent, on peut les enflammer sans inconvénient. Cette addition nous paraît très-avantageuse, mais il n'en est pas de même de la petite tubulure dont il a été question; elle ne nous semble pas propre à atteindre le but que l'auteur se propose. D'abord, à la seconde fois que l'on se sert du matras, cette partie est assez garnie de vernis pour que le bouchon devienne difficile à enlever et même à replacer; s'il arrive qu'il tienne, on le casse, et la tubulure demeure sans effet; ensuite, si l'on parvient à l'enlever, les vapeurs qui s'échappent par cette ouverture peuvent prendre feu, et causer un accident. Nous pensons qu'il serait mieux de supprimer la petite tubulure, et d'enlever le matras de dessus le feu, pour remuer avec la tige de fer la matière en fusion, en supprimant pour un instant le tube de fer muni de la toile métallique, et en ayant bien soin d'éteindre auparavant la flamme produite par les gaz, si on les a enflammés. Avec du soin, on peut faire cette opération sans le moindre danger, et en ayant toutefois la précaution de s'entourer les mains avec de gros linges mouillés.

On peut encore se servir d'un ballon en verre pour la fabrication des vernis gras. Ce moyen, quoique moins économique, doit être préféré à ceux dont il a été question, quand on veut obtenir de beaux produits. La copale étant mauvais conducteur du calorique, et devant par cela même être fondue avec la plus grande vitesse possible, afin d'éviter que les parties qui ont éprouvé l'action de la chaleur, les premières ne soient pas charbonnées avant que la fusion des dernières soit opérée, il faut, pour ne pas casser le vase dans lequel on fait l'opération, commencer par l'échauffer en le tenant éloigné du feu d'environ dix-huit pouces, le rapprocher graduellement et le placer sur un triangle en fer, de façon qu'il touche, à très-peu de chose près, les charbons incandescens. On peut encore, pour remuer la copale pendant sa fusion dans ce vase, se servir d'une tige en verre, mais avec beaucoup de précaution, car le moindre choc contre son fond, qui est toujours très-mince, peut le percer, et l'opération est à-peu-près perdue. Pour éviter cela, il est préférable d'imprimer un léger mouvement de rotation au ballon en le retiraut du feu pour un instant. Dans ce cas, on doit se servir d'une pince en fer un peut forte dont les branches forment, par leur réunion, un anneau au moyen duquel on saisit le col du ballon. Il serait beaucoup plus simple de l'enlever avec la main, en ayant soin de s'envelopper d'un gros chiffon, afin d'éviter de se brûler; mais cette pratique a un inconvénient qu'il est utile de signaler. Quand on s'y prend de cette manière, on refroidit le col du vase dans toute l'étendue qu'enveloppe la main; on condense une partie de l'huile volatile qui se dégage pendant l'opération. Celle-ci, en coulant le long des parois intérieures du vase pour regagner le fond, se charbonne, et forme des stries très-noires qui colorent fortement le produit.

Il faut avoir soin de nettoyer le ballon après chaque opération; cela est très-facile en employant de l'essence de térébenthine chaude que l'on destine aux opérations suivantes. S'il reste du vernis d'une opération précédente, il se charbonne pendant la fusion de la copale, et le produit est coloré.

Si l'on a soin de ne pas échauffer trop brusquement le ballon et de ne pas le refroidir trop vite, car c'est presque toujours en commençant et en terminant l'opération qu'il casse, on peut se servir du même plusieurs fois.

Avec de tels vases, on ne peut guère fondre que cinq cents grammes de copale chaque fois, et un ballon de la contenance de quatre litres suffit.

On peut conduire plusieurs opérations ensemble, de façon à en avoir une qui se termine et une qui commence; par ce moyen, un seul homme intelligent et habitué à ces sortes de manipulations, peut faire, dans

une journée, une assez grande quantité de vernis.

Vernis à la copale.

Copale dure . . . 0,500
Huile siccative. . 0,125-0,190 ou 0,250 gram.
Essence de térébenthine. . . . 0,500

On distribue ces trois substances dans des vases séparés ; on fond le copale comme nous l'avons indiqué ; on chauffe l'huile de lin lithargirée à une température voisine de l'ébullition, et on ajoute par petites parties à la copale fondue, en ayant soin de remuer à chaque fois pour favoriser la combinaison. Lorsque l'huile et le copale sont mélangées, on ajoute également, et par petites parties, l'essence de térébenthine, que l'on a eu soin de faire chauffer auparavant. La combinaison d'huile et de copale se trouvant à une température bien supérieure à celle à laquelle bout l'essence, les premières parties qu'on ajoute sont presque complètement réduites en vapeur. Pour éviter cette perte, on peut, après la seconde ou la troisième addition d'essence, attendre que la température soit un peu abaissée pour ajouter le reste.

On ne saurait trop prendre de précautions quand on ajoute l'essence, car les vapeurs qui sortent en abondance du vase contenant le mélange s'enflamment avec une facilité étonnante, et peuvent occasioner de graves accidens. Lorsque le vernis est terminé, et que la température est abaissée à environ quarante ou cinquante degrés, on le passe au travers d'un linge pour en séparer les corps étrangers qui pourraient s'y trouver, ou les morceaux de copale non fondus. Quand il arrive qu'il s'y en trouve, on les met de côté pour les faire entrer dans des vernis communs qui sont toujours colorés.

Presque tous les fabricans de vernis sont convaincus qu'il faut commencer par combiner l'huile siccative avec la copale fondue avant d'ajouter l'essence de térébenthine. C'est une erreur qu'il est bon de signaler. L'huile volatile de térébenthine bouillante se combine très-facilement avec la copale en fusion, et nous pensons qu'il est préférable, au moins pour certains cas, de combiner ces deux substances avant d'ajouter l'huile siccative. Nous observerons, comme nous l'avons déjà dit, qu'une grande quantité d'essence se vaporiserait en pure perte si l'on introduisait de suite la totalité dans le vase contenant la copale fondue ; nous répéterons que l'on ne doit en introduire qu'une petite quantité, et à deux ou trois reprises, en ayant soin de remuer chaque fois; bien que chaque fois que l'on ajoute de l'essence, il se produise un bouillonnement considérable, et que la vapeur sorte du vase en abondance, le tout ne se vaporise pas; il en reste toujours une certaine quantité en combinaison avec la copale, et qui suffit pour favoriser la combinaison du reste quand la température est un peu diminuée. Quand on veut fabriquer des vernis blancs à la copale, ce qui ne peut s'obtenir qu'en employant de très-belle copale et de l'huile siccative incolore, on conçoit que, si l'on chauffe cette dernière jusqu'à l'ébullition, température à laquelle il faut l'élever pour que la combinaison soit possible, elle se colorera, et le but qu'on se proposait ne pourra être atteint. Il n'en est pas de même en suivant le procédé que nous indiquons; car l'huile, chauffée seulement à 50 ou 60°, s'incorporera très-facilement, et sans avoir éprouvé d'altération, avec la solution de copale, dans l'essence de térébenthine, encore très-chaude. En conséquence, si l'on a fondu la copale avec les précautions nécessaires pour empêcher sa coloration; le vernis qui en résultera sera très-beau et d'aussi bonne qualité.

Il est bon, quand on le peut, de ne pas employer de suite le vernis à la copale; il se clarifie par le repos et acquiert de la qualité en vieillissant. Sa consistance, qui doit être sirupeuse quand on l'emploie de suite, doit être un peu fluide quand on doit le conserver, car elle augmente beaucoup par le temps, bien qu'il soit contenu dans des vases fermés. On peut l'étendre avec de l'essence, mais c'est aux dépens de sa qualité : il faut alors qu'il soit employé de suite; autrement il est rare qu'on ne remarque pas, après quelques jours, qu'une partie de la copale s'est précipitée sous forme d'une gelée assez épaisse, bien qu'on ait eu la précaution indispensable de faire chauffer l'essence et le vernis avant de les mélanger.

On varie, comme on peut le voir par notre formule, les doses d'huile suivant l'emploi auquel on destine le vernis. Quand il en contient beaucoup, c'est-à-dire la plus grande quantité indiquée, il conserve plus d'élasticité, et il est plus facile à employer, mais il sèche moins vite. On doit donc em-

ployer celui-ci de préférence pour des corps flexibles, tels que les cuirs, les toiles cirées, etc. Quand on y fait entrer peu d'huile, au contraire, il sèche plus promptement, il est susceptible d'un plus beau poli; mais, conservant peu de souplesse, il ne peut être appliqué que sur des corps durs, non susceptibles de flexions, tels que le fer, les panneaux de voitures, etc.

Les doses d'huile que nous indiquerons, bien que pouvant être variées encore, ne doivent cependant pas être dépassées de beaucoup, soit en plus, soit en moins. Une plus grande quantité d'huile diminuerait la solidité du vernis, et, en le rendant trop lent à sécher, permettrait à la poussière, en suspension dans l'air, de s'y attacher. Une moins grande quantité que la plus petite indiquée aurait un inconvénient aussi grave. Le vernis sècherait trop vite, serait difficile à étendre, deviendrait sec et cassant, se gercerait au bout de peu de temps, et serait enfin de très-courte durée. Un bon vernis doit, en été, en vingt-quatre heures, se solidifier au point que la poussière ne puisse plus s'y attacher, et qu'en y posant les doigts, ils n'y laissent plus d'empreinte. En cet état, on ne doit pas le regarder comme complètement sec, surtout s'il doit être poli. On doit toujours, avant d'entreprendre cette opération, soumettre à l'étuve, pendant plusieurs jours, les corps sur lesquels il se trouve appliqué.

Le vernis à la copale, susceptible d'un très-beau poli, est, de tous les vernis, le plus brillant et le plus solide; aussi ses emplois sont-ils extrêmement nombreux. Ne pouvant les indiquer tous, nous nous bornerons à dire qu'on l'applique sur le bois, le fer, le cuir, la toile, etc., et, en un mot, que l'on doit l'employer toutes les fois que l'on désire obtenir un vernissage durable.

Vernis huileux à la copale.

On prépare encore un vernis avec de l'huile de lin ordinaire et de la copale seulement. Ce vernis, qui, comme on peut le penser, ne sécherait pas, ou du moins trop lentement pour être employé au vernissage, est mis en usage par les peintres de tableaux. Ceux-ci tirent grand avantage de son emploi, non pour recouvrir leurs ouvrages, car il aurait dans ce cas, comme dans tout autre, l'inconvénient de ne pas sécher, et serait, par cela même, plus nuisible qu'utile. Ils s'en servent en peignant : quand leurs couleurs, déjà broyées à l'huile, sont trop épaisses, ils les allongent avec ce vernis, au lieu de l'huile de pavot, comme cela a lieu ordinairement. Cette addition de vernis donne beaucoup d'intensité aux couleurs, rend les bruns plus vigoureux, et augmente singulièrement les effets imitatifs de la peinture. Ce vernis, ainsi employé, a encore un très-grand avantage, c'est d'empêcher les embus, chose très-gênante pour le peintre, nuisible à l'harmonie de la peinture, et que l'on ne fait disparaître qu'aux dépens de la solidité de celle-ci. On le prépare tout simplement en chauffant ensemble 500 gram. d'huile de lin et 125 gram. de belle copale dans un ballon en verre de la contenance de trois ou quatre litres. Il faut que la température soit élevée aussi vite que possible au point de l'ébullition; alors la copale se gonfle, surnage l'huile, et finit par fondre complètement en dégageant une grande quantité d'huile volatile, âcre et très-désagréable, et en se tuméfiant considérablement.

Vernis au succin.

Ce vernis, toujours très-coloré, est peu employé; il se fabrique de la même manière que le vernis à la copale, avec les mêmes doses et les mêmes précautions. Tout ce que nous avons dit de la copale pouvant être rapporté au succin, nous n'entrerons dans aucuns nouveaux détails.

Vernis noirs pour les ferrures.

Bitume de Judée.	0,500
Colophane.	0,500
Huile siccative	1,000
Vernis à la copale ou au succin.	1,000

Essence de térébenthine, suffisante quantité.

On fait fondre dans une bassine, sur un feu doux, le bitume et la colophane; on y ajoute l'huile siccative, puis le vernis à la copale; enfin, une quantité suffisante d'essence de térébenthine, pour donner au tout une consistance telle que l'on puisse l'étendre facilement avec une brosse. On introduit ordinairement une petite quantité de noir de fumée dans ce vernis, afin de rendre le ton noir plus prononcé.

Vernis à l'essence.

On prépare plusieurs vernis à l'essence; mais la plupart servent à détremper les couleurs pour la peinture au vernis, et non à

vernir. De cé genre, le vernis à tableaux étant le plus important, nous nous bornerons à décrire sa préparation, et nous renverrons, pour les autres, aux ouvrages de Watin et de Tingry.

Vernis à tableaux.

Mastic en larmes.	1,000
Essence de térébenthine. . .	2,000

On introduit ces deux substances dans un matras en verre, et l'on opère la solution au bain-marie, en ayant soin d'agiter de temps à autre. Quand l'opération est terminée, on laisse un peu refroidir le vernis; on le passe au travers d'un linge pour séparer les corps étrangers qui, par leur contact prolongé, coloreraient le produit. On le laisse déposer pendant huit ou dix jours. Pendant ce temps, il s'en sépare une résine insoluble dans l'essence de térébenthine, qui s'attache aux parois du vase sous forme de petits mamelons. On le filtre ensuite au travers d'un papier sans cole; si le mastic a été bien trié et l'essence bien rectifiée, il doit être presque aussi blanc que l'eau.

Plusieurs substances, dont nous n'avons point parlé, font, dans certains cas, l'office de vernis, et, préparées convenablement, sont employées comme tels. De ce nombre sont les différentes gommes fondues dans l'eau, le sucre, le blanc d'œuf, et enfin la cire fondue dans l'essence de térébenthine, ou divisée dans l'eau sous forme d'émulsion. Cette dernière substance mérite quelque attention. Sa solution dans l'essence de térébenthine forme le vernis que les ébénistes appliquent très-souvent sur les meubles en bois de noyer. Divisée dans l'eau au moyen de la potasse, elle constitue ce que l'on connaît sous le nom d'encaustique, et sert, en cet état, à recouvrir certaines pièces de menuiserie, et plus souvent encore les parquets des appartemens, que l'on rend ensuite très-brillans en les frottant fortement avec une brosse rude. Divisée dans l'eau sous forme d'émulsion, elle constitue un vernis très-précieux pour la peinture à la cire, connu sous le nom de *lait de cire*. Nous allons en décrire la préparation. On fait fondre dans une capsule de porcelaine une certaine quantité de cire blanche; on y ajoute, quand elle est fondue, une égale quantité d'esprit de vin à 36°; on remue pour favoriser la combinaison, ensuite on verse le tout sur une large pierre à broyer; il se forme une masse grainue sans cohésion; on la divise encore en la broyant doucement avec une mollette, et en ajoutant de temps à autre une petite quantité d'alcool; quand toute la masse paraît bien divisée, on y ajoute de l'eau par petites parties, environ quatre fois le poids de la cire employée. On le passe ensuite au travers d'un morceau de canevas pour séparer les portions de cire qui ne sont pas suffisamment divisées. Pour appliquer ce vernis, ou plutôt cette cire divisée, on se sert d'un blaireau, que l'on trempe dans le lait de cire et que l'on passe doucement sur toute la surface de la peinture; on laisse vaporiser l'eau que contenait la préparation, et le tableau paraît alors comme couvert d'une poussière blanche très-fine qui n'adhère pas. Les choses étant en cet état, on remplit de charbon incandescent une petite caisse en fil de fer munie d'un manche en bois; on la passe doucement et avec beaucoup de soin devant cette peinture; la cire divisée fond et s'étale sur toute la surface. On la laisse refroidir, et ensuite on donne le lustre en frottant avec un linge doux ou une brosse. On peut en appliquer plusieurs couches par le même moyen, si on le juge nécessaire. Si le brillant disparaît un peu, il suffit de frotter de nouveau pour le faire reparaître. Au bout de cinq à six mois, quand la cire a acquis toute la dureté dont elle est susceptible, le brillant qu'elle acquiert alors, en la frottant encore, est beaucoup plus beau et ne disparaît plus.

La cire est inaltérable, et conséquemment le vernis dont nous venons de parler. C'est à la propriété conservatrice de cette substance, qui entrait jadis dans la composition des couleurs, comme l'huile aujourd'hui, et qui servait même de vernis, que l'on doit la conservation des peintures qui ornent encore les restes des murailles d'Herculanum et de Pompéia.

DESCRIPTION DES APPAREILS SERVANT A LA FABRICATION DES VERNIS.

(Arts chimiques, Planche 89.)

Vernis à l'alcool.

Fig. 6. — Appareil distillatoire ordinaire, monté sur son fourneau et muni d'un serpentin. Il ne diffère que par la tige de fer qui pénètre jusqu'au fond du bain-marie, qui porte une croix à sa partie inférieure, et une manivelle à la partie supérieure.

Fig. 7. — Chapiteau de l'alambic coupé en deux pour laisser voir la pièce en fer qui le traverse, et qui porte un trou à son milieu, correspondant perpendiculairement avec la douille du chapiteau; elle sert à tenir la tige de fer dans une position verticale.

Fig. 8. — Bain-marie, coupé en deux pour laisser voir la tige, qui porte une croix et qui pénètre jusqu'à son fond.

Fig. 9. — Tige de fer munie de sa manivelle; elle porte un carré à sa partie inférieure, sur lequel s'ajuste la croix en fer, et est terminée par un pas-de-vis muni de son écrou, qui sert à consolider les deux pièces ensemble.

Fig. 10. — Croix en fer séparée de la tige; elle porte en son milieu un trou carré dans lequel s'ajuste le carré de la tige.

Appareils pour la fabrication des vernis gras.

Fig. 11. — Ballon en cuivre, portant une espèce de gouttière en même métal autour de sa panse, servant à retenir la copale en fusion, quand il arrive que le boursouflement qui a lieu dans le vase la force à se répandre au dehors. Il est muni d'anses pour le transporter commodément.

Fig. 12. — Le même ballon, avec le tube de cuivre ou de fer, garni de toile métallique, indiqué par M. Mérimée.

Fig. 13. — Tube de M. Mérimée, garni en toile métallique, séparé du ballon, et vu de profil. Il porte à sa partie inférieure une gorge qui s'ajuste sur le col du ballon.

Fig. 14. — Le même tube de M. Mérimée, vu en dessus.

Appareil de Tingry pour la fusion de la copale.

Fig. 15. — Appareil monté et coupé en deux pour montrer la position du tube de fer qui traverse le diaphragme, et dans lequel s'opère la fusion de la copale.

Toute la partie vide entre le tube et la paroi interne du fourneau sert à contenir le charbon. L'air nécessaire à la combustion arrive par les trous pratiqués au pourtour.

Fig. 16. — Sac en toile métallique, dans lequel on place la copale; il entre dans le tube de fer et s'appuie sur son bord supérieur.

Fig. 17. — Tampon en terre cuite, que l'on place sur le haut du tube; il sert à empêcher la communication du feu avec la copale, on le lute avec de la terre à four.

Fig. 18. — Capsule que l'on place sur la partie inférieure du tube; elle sert à recevoir la copale en fusion à mesure qu'elle s'écoule.

Fig. 19. — Appareil tout monté et vu extérieurement. FD.

VERNISSEUR. (*Technologie.*) L'art du VERNISSEUR a été décrit dans l'article PEINTRE, DOREUR et VERNISSEUR. L.

VERRE. (Art de le travailler à la lampe.) (*Technologie.*) Cet art a été décrit au mot SOUFFLEUR DE VERRE à la lampe. (*Voyez* ce mot.) L.

VERRE. On nomme ainsi une substance diaphane, blanche ou colorée, dont les nombreux usages sont généralement répandus.

Le verre était connu des Phéniciens, qui pendant long-temps ont pour ainsi dire conservé le monopole de sa fabrication, favorisés par la réunion du natron, du sable et du combustible, et la proximité des bords de la mer.

Il est probable que les anciens Égyptiens n'ont pas connu le verre, car la Bible n'en fait pas mention. D'après Pline et Strabon, les verreries de Sidon et celles d'Alexandrie étaient fort célèbres et produisaient des ouvrages très-perfectionnés : déjà on taillait, on gravait, on dorait le verre, et on faisait même des verres colorés, à l'imitation des pierres précieuses, ce qui annonce une fabrication très-ancienne.

Les Romains employaient le verre à divers usages, indiquant aussi une fabrication active. On trouva dans Herculanum des vitres évidemment faites par un procédé de soufflage plus ou moins analogue à celui qu'on a employé dans ces derniers temps.

Les procédés de fabrication conservés en Phénicie, furent sans doute pris, aux douzième et treizième siècles, par les Européens, du temps des croisades. Transportés d'abord à Venise, qui fit long-temps le monopole du verre, ils furent importés en France par Colbert.

Le hasard fut sans doute pour beaucoup dans l'invention du verre; mais on aurait pu trouver à cet égard, parmi les arts connus des anciens, des phénomènes propres à y conduire : la fabrication des poteries, l'extraction des métaux, exigent l'emploi d'un feu violent et soutenu, ce qui suffit pour donner naissance à des silicates fusibles,

ayant plus ou moins d'analogie avec le verre.

Dès la plus haut antiquité, la fabrication eut lieu par des moyens analogues à ceux qu'on emploie aujourd'hui. Toutefois, cette industrie a beaucoup profité des progrès de la chimie moderne, depuis surtout qu'elle trouve à bon marché des alcalis plus purs dans le commerce.

Agricola, le plus ancien de tous les auteurs qui ont écrit sur la fabrication du verre, décrit des fourneaux et des procédés fort analogues à ceux qu'on emploie encore de nos jours.

Néri, Merret, Kunckel, Henckel, Pott, Achard et quelques autres chimistes, se sont depuis occupés de la fabrication du verre; mais on doit mettre hors ligne, comme ouvrages remarquables sur cette matière, ceux de Néri, de Bosc, d'Antic, de Loysel, et l'article de M. Allut, dans l'*Encyclopédie méthodique*. Malheureusement tous ces travaux sont incomplets ou datent d'une époque où les matières premières différaient trop par leur impureté de celles que l'on emploie de nos jours, pour que les phénomènes observés alors puissent être aujourdhui fort utiles à consulter.

Quoique la théorie de la fabrication du verre soit à-peu-près établie, ce n'est guère dans les ouvrages spéciaux qu'il faut la chercher; presque tous ont été écrits avant que le rôle de la silice y fût bien connu.

Depuis les recherches de Berzélius, qui levèrent tous les doutes sur le caractère acide de la silice, la composition générale du verre ne peut plus offrir de difficultés : le verre se compose d'un ou de plusieurs sels; ce sont des silicates à base de potasse, de soude, de chaux; d'oxide de fer, d'alumine ou d'oxide de plomb, dans lesquels on peut remplacer l'une de ces bases par l'autre, pourvu qu'il reste toujours une base alcaline. La silice, à son tour, peut d'ailleurs être remplacée en partie par l'acide borique, sans que le verre perde ses caractères principaux.

On désigne en général sous le nom de verre diverses substances fusibles à une température élevée, solides à la température ordinaire, cassantes et brillantes; mais, dans les arts industriels, le verre est toujours formé de silicates parmi lesquels on peut distinguer les espèces suivantes :

1° *Verre soluble*. Silicate simple de potasse ou de soude, ou mélange de ces deux silicates.

2° *Verre de Bohême* (crown-glasse). Silicate de potasse et de chaux.

3° *Verre à vitre*, *gobletterie*, *glaces*, etc. Silicate de potasse, ou de soude et de chaux.

4° *Verre à bouteille*. Silicate de potasse ou de soude, de chaux, d'alumine et de fer.

5° *Cristal ordinaire*. Silicate de potasse et de plomb.

6° *Flint-glass*. Silicate de potasse et de plomb, plus riche en plomb que le précédent.

7° *Strass*. Silicate de potasse et de plomb, encore plus riche en plomb que le flint-glass.

8°. *Émail*. Silicate et stanate ou antimoniate de potasse ou de soude et de plomb.

Tous ces verres peuvent êtres teints par des silicates colorés, qu'on mélange à dessein ou accidentellement dans leur masse pendant qu'ils sont fondus. Nous nous en occuperons plus loin, ainsi que de l'art de peindre le verre, qui fit des progrès si remarquables en France dans ces derniers temps.

Propriétés du verre.

Nous allons examiner les propriétés générales du verre, sous les influences chimiques et physiques de ce corps, si utile dans ses usages variés.

Toutes les espèces de verre comprises dans le tableau précédent peuvent éprouver une fusion complète à la température du rouge cerise ou au-dessus. Les verres à base de plomb sont les plus fusibles, et ils le sont d'autant plus qu'ils renferment une quantité plus considérable d'oxide de plomb. Les verres ordinaires le sont, au contraire, d'autant moins, qu'ils contiennent de plus fortes doses de chaux et d'alumine; ainsi, le strass, le flintglass et le cristal sont plus fusibles que le verre ordinaire, qui lui-même l'est un peu plus que le verre à bouteilles.

Les verres à plusieurs bases peuvent éprouver diverses altérations quand ils sont fondus ou refroidis lentement : la silice se partage entre ces bases, et forme ainsi des composés à proportions définies, qui cristallisent en se séparant, de sorte que le mélange intime des matières qui constituent le verre se trouve détruit; le verre devient alors très-dur, fibreux, opaque, beaucoup

moins fusible, meilleur conducteur de l'électricité et de la chaleur ; c'est en cet état que Réaumur l'appela *verre dévitrifié.*

La dévitrification du verre, dont la découverte est due à Réaumur, est un phénomène général que peuvent présenter toutes les espèces de verre, mais plus particulièrement les verres à plusieurs bases terreuses, et plus difficilement les verres plombifères, ou les verres seulement à bases de soude ou de potasse.

On peut presque toujours produire la dévitrification en fondant le verre et l'abandonnant à un refroidissement très-lent, ou bien en le chauffant au point de le ramollir, puis le soumettant à cette température prolongée et à un refroidissement gradué. L'opération réussit mieux sur le verre à bouteilles que sur tous les autres ; viennent ensuite, classés sous ce rapport, le verre vert ordinaire, puis le verre blanc, ensuite le verre simplement à base de soude ; après celui-ci, le cristal, puis le verre simple à base de potasse : le dernier est le moins facilement dévitrifiable.

Cette propriété doit être prise en grande considération dans la fabrication du verre ; elle explique en effet pourquoi, dans la fabrication des bouteilles, on doit éviter avec tant de soin de réchauffer plusieurs fois la masse de verre qu'on veut façonner, ce qui le dévitrifierait au bout de peu d'instans. Le verre deviendrait dur, peu fusible, et présenterait une foule de grains solides, disséminés dans une matière encore molle ; de là vient le nom de *verre galeux* que lui donnent les ouvriers, lorsque ce phénomène se présente. On conçoit de même pourquoi le verre vert, et même le verre blanc ordinaire, et, à plus forte raison, le verre à bouteilles, ne peuvent être façonnés à la lampe d'émailleur, à moins que l'ouvrier n'apporte une célérité convenable dans son travail ; s'il y mettait trop de lenteur, qu'il fût obligé de réchauffer à plusieurs reprises le tube de verre qu'il veut souffler, la masse se dévitrifierait. En vain essaierait-il alors de souffler une boule; le verre n'est plus assez mou ; la matière devient alors rugueuse, à demi-opaque, et presque infusible.

D'après ces données, on conçoit combien il importe de choisir avec soin les verres destinés à fournir des masses volumineuses et épaisses, par exemple, celles qu'on destine à la fabrication des lentilles nécessaires aux grands instrumens d'optique ; leur refroidissement est toujours très-lent, ce qui amène la dévitrification du verre. On ne peut donc guère réussir qu'avec le verre à base de plomb et de potasse et le verre à base de potasse et de chaux. Aussi ces deux sortes de verre, qui constituent le flintglass et le crown-glass, sont-ils employés exclusivement à la fabrication des objectifs pour les lunettes astronomiques.

La dévitrification des verres est donc un phénomène du plus grand intérêt. Elle l'est non-seulement par les considérations importantes qui précèdent, mais encore parce qu'en raison de ses propriétés, le verre dévitrifié peut remplacer la porcelaine dans presque tous ses usages. Ainsi, pour les laboratoires de chimie, on peut obtenir des tubes, des cornues, des ballons, des capsules qui résistent au feu autant que les vases de porcelaine, aussi peu perméables que le verre ordinaire, résistant aux acides, et qui, enfin, peuvent s'obtenir d'une seule pièce, sous des formes variées que le moulage de la porcelaine ne fournirait que difficilement. C'est une industrie importante à créer, qui produirait une nouvelle poterie, salubre, élégante, et d'un prix peu élevé.

M. Darcet a fait, en verre à bouteilles dévitrifié, des camées, des carreaux d'appartement, des porphyres, des mortiers et des pierres colorées pour la mosaïque, dont les utiles propriétés seront appréciées tôt ou tard. Il est à désirer qu'un jour, entre les mains d'un fabricant habile, cette industrie se développe et devienne lucrative.

Pour effectuer la dévitrification, Réaumur remplissait les vases en verre à bouteilles ordinaire, ou verre vert, d'un mélange de plâtre calciné et de sable blanc réduits en poudre fine. Il les introduisait dans une caisse, qui elle-même était remplie d'un semblable mélange, en ayant soin que les vases fussent bien isolés les uns des autres, ainsi que des parois de la caisse, l'espace vide étant occupé par le plâtre et le sable. La caisse ainsi préparée, munie d'un couvercle et lutée, était portée dans un four à faïence, et abandonnée à elle-même pendant toute la durée d'une cuisson. Au bout de ce temps, le verre était entièrement dévitrifié.

La cassure de ce verre est soyeuse, et, quand on l'examine avec attention, elle montre comment s'est opéré le phénomène. Précisément, au milieu de son épaisseur, le

verre présente une ligne brune, et c'est sur ce point que se réunissent une infinité de petites aiguilles cristallines, partant de la surface extérieure et intérieure du vase. Ces aiguilles, parallèles entre elles, sont d'ailleurs perpendiculaires à la surface du verre, ainsi qu'au plan passant par la ligne de jonction, qui suit elle-même toutes les variations de forme que le vase peut offrir. Dans les vases imparfaitement dévitrifiés, les deux surfaces présentent des aiguilles semblables, mais trop courtes pour se rencontrer, et, par conséquent, séparées par une portion plus ou moins grande de verre ordinaire qui occupe la partie moyenne de l'épaisseur du vase. Il est donc évident qu'une cause quelconque détermine la cristallisation du verre; que cette cause agit sur les surfaces d'abord, et se propage ensuite vers la partie moyenne, jusqu'à ce que les cristaux, partis de deux points opposés, viennent à se rencontrer.

M. Dartigues a constaté que le *ciment* (mélange de plâtre et de sable) n'est point indispensable, et que le verre à bouteilles, chauffé seulement au rouge pendant quelques jours, se dévitrifie entièrement. Cependant, la potasse se volatilise pendant la dévitrification, ce qui indique l'utilité d'un ciment silicieux, qui joue le rôle d'un corps absorbant et hâte la réaction.

La dévitrification est donc une cristallisation du verre. L'expérienee prouve que le verre, lentement refroidi, cristallise presque toujours quand le passage de l'état liquide à l'état solide s'est opéré assez doucement pour que les arrangemens moléculaires convenables aient pu s'effectuer. Il existe, toutefois, dans les verres dévitrifiés ou cristallisés, deux espèces distinctes.

La première comprend les verres qui, à l'aide d'une température prolongée, et quelquefois d'un ciment convenable, ont acquis la forme cristalline *en perdant quelques-uns de leurs principes constituans.*

La seconde classe comprend les verres qui, au moyen d'une solidification très-lentement opérée, se sont partagés en deux ou plusieurs composés différens, dont les uns ont conservé l'état vitreux, tandis que les autres ont pris une forme cristalline régulière.

Verre soluble. Le verre soluble est un composé qui, long-temps inconnu, laissa bien des accidens inexplicables. C'est un silicate simple, à base de potasse ou de soude, soluble complètement dans l'eau bouillante, quoique peu altérable par l'eau froide. Un semblable verre devait être fortement hygrométrique. Le fait suivant, parmi tant d'autres, démontre les inconvéniens qui en résultent. En 1780, on faisait en France des verres de Bohême, dont le procédé était alors récemment importé, au moyen des deux recettes ci-après indiquées:

	En Champagne.	Dans les Vosges.
Silice	100	100
Potasse	100	100
Chaux.	Point.	100

Il arriva que le verre des Vosges fut inaltérable à l'air, tandis que celui de la Champagne manquait de limpidité, de brillant et de solidité; il attirait l'humidité de l'air au point que le fonds des verres à boire se remplissait dans les magasins d'une dissolution saturée de carbonate de potasse. Ce fait, rapporté par M. Bosc d'Antic et beaucoup d'autres, prouve la nécessité indispensable de la chaux ou de l'oxide de plomb pour la fabrication des verres, qui doivent résister soit à l'action de l'eau, soit à l'air humide.

Le verre soluble, fabriqué pour l'objet spécial que M. Fuchs se proposa, c'est-à-dire son application sur les bois ou les tissus qu'on veut rendre incombustibles, est composé de telle manière que la silice contient sept fois plus d'oxigène que la potasse, ou, ce qui revient au même, que, pour sept atômes de silice, il s'en trouve un de potasse. Ce verre contient donc:

7 atômes silice.	= 1348	ou — 69,88
1 atôm. potasse.	= 587	— 30,12
	1935	100,00

Il paraît que le verre soluble, à base de soude, ne conserve sa solubilité qu'autant que la dose de soude est plus grande; elle peut même être portée jusqu'à deux atomes pour sept de silice, sans que le verre devienne soluble à froid.

Verre de Bohême. M. Perdonnet, qui a eu l'occasion de visiter une verrerie en verre de Bohême, à Renvelt, fit connaître à M. Dumas le dosage suivant que l'on y emploie:

Quartz	100
Chaux caustique	50
Carbonate de potasse	75

Salpêtre, acide arsénieux, péroxide de manganèse, en quantité convenable.

Le verre pris dans cette verrerie par M. Perdonnet a été analysé par M. Gras dans le laboratoire de l'*École des mines*. Cette analyse a donné :

Silice	71,6	= 37, 1	oxig. de l'aci.
Chaux	10,0	= 2,81	= 8,83 ox. des bases.
Potasse	11,0	= 1,86	
Alumine	2,2	= 1,02	
Magnésie	2,3	= 1,89	
Oxide de fer	3,9	= 1,20	
Oxide de mangan.	0,2	= 0,05	
	101,2		

La silice contient à-peu-près quatre fois l'oxigène des bases.

Dans une verre de Bohême, d'ancienne fabrication, M. Dumas a trouvé :

Silice	69,4	= 36,	oxig. de l'acide.
Alumine	9,6	= 4,48	= 9,04 ox. des bases.
Chaux	9,2	= 2,57	
Potasse	11,8	= 1,99	

ce qui donnerait exactement le rapport de 1 : 4 entre l'oxigène des bases et celui de l'acide.

Il paraît que, dans quelques verreries d'Allemagne, on emploie le silicate de chaux (*wollastonite*) dans la fabrication du verre de Bohême.

Crown-glass. C'est aussi un verre à base de potasse et de chaux. L'analyse suivante d'un crown de fabrication allemande, trouvé très-bon par M. Cauchoix, montre que la proportion d'oxigène entre l'acide et ces bases y est sensiblement la même, c'est-à-dire : : 4 : 1.

Silice	62,8	= 32,6	ox. de l'acide.
Alumine, ox. de fer et mangan.	2,6	= 1,2	= 8,4 ox. des bases.
Chaux	12,5	= 3,5	
Potasse	22,1	= 3,7	

En calculant les résultats dans la position que les quadrisilicates s'y trouvent atome à atome, on trouve :

1 atome potasse	588	ou 23,8
1 atome chaux	356	— 14,3
8 atomes silice	1540	— 61,9
1 atome crown	2484	ou 100,0

Verre à vitres. Le verre à vitres est généralement formé de silice, de soude et de chaux. Comme l'atome de la soude diffère peu de celui de la chaux, il en résulte que, dans ce verre, la quantité de silice varie à peine, bien qu'il renferme des quantités fort différentes de chaux. Celle-ci remplace alors, presque poids pour poids, une portion de la soude. Dans le verre à vitres bien fait, la silice contient environ quatre fois l'oxigène des bases.

On peut aussi employer le sulfate de soude, et même une petite quantité de cendres dans les compositions de verre à vitres.

100 parties de sulfate de soude fondent 200 parties de sable. En effet, 100 parties de carbonate de soude contiennent une quantité d'alcali, qui est à celle du sulfate de la même base comme 3 est à 2.

On a remarqué que des salins fortement colorés par une matière organique, ne marquant que 33, 35 ou 40°, fondent autant de sable que des potasses incolores marquant 55°. Cela pouvait peut-être dépendre de la matière organique qui facilitait la décomposition du sulfate de potasse contenu dans ces salins (1).

Ces salins ne donnent pas de sel de verre, qui est composé de sulfate de potasse, de chlorure de potassium, et d'une quantité minime de sulfate de chaux. Cela peut tenir encore à la présence de la matière organique; car, en ajoutant une petite quantité de charbon à des compositions renfermant des potasses incolores, on empêche aussi la formation du sel de verre.

Des cendres de bois, complètement lessivées, sont fusibles sans aucune addition, et, dans un four chauffant bien, elles peuvent même dissoudre du sable. Cela tient à ce que ces cendres contiennent en général un excès de silicate de potasse saturé de silice et du carbonate de chaux.

Le verre à vitres contient toujours, outre la soude et la chaux, de l'alumine provenant du sable, des creusets et du sel de soude employé. Il parait que la proportion d'alumine augmente quand on diminue celle de chaux. Cette dernière base, en doses convenables, doit donc ménager les creusets. L'alumine qui se trouve dans le verre exerce une influence marquée sur ses propriétés; quand la proportion en devient considérable, elle rend le verre plus dur, moins fusible et plus facile à dévitrifier. Il faut donc éviter, dans le choix et le dosage des matières,

(1) On sait qu'une très-petite proportion de charbon facilite beaucoup la décomposition du sulfate de soude par la silice dans les pots des verreries; mais il faut bien se garder d'employer un léger excès de carbone, qui colorerait en jaune fauve, en brun ou en noir le verre obtenu.

tout ce qui tend à prolonger la fusion, car on perd du combustible et on gâte les creusets. La présence de l'alumine dans les verres tend à modifier leur loi de saturation, car l'alumine exige moins de silice que les autres bases.

On peut apprécier ces diverses assertions par les diverses analyses suivantes extraites du traité de M. Dumas :

N° 1.

Silice . .	69,65=36,21	Oxigène. . .	36,21
Alumine.	1,82= 0,85		
Chaux. .	13,31= 3,72	=8,45 × 4=.	33,80
Soude . .	15,22= 3,88	Oxi. de la sil. en excès.	2,41

N° 2.

Silice . .	69,25=36,69	Oxigène . . .	36,69
Alumine.	2,20= 1,02		
Chaux. .	17,25= 4.83	=8,72×4 =	34,68
Soude . .	11,30= 2,87	Oxi. de la sil. en excès.	2,81

N° 3.

Silice . .	68,55=35,64	Oxigène . . .	35,64
Alumine.	2,40= 1,12		
Chaux . .	16,17= 4,52	=8,92×4=	35,68
Soude . .	12,88= 3,28	Oxi. de la sil. en moins.	0,04

N° 4.

Silice . .	68,65=35,06	Oxigène . . .	35, 6
Alumine.	4,00= 1,86		
Chaux. .	9,65= 2,70	= 9,6×4 =	36,24
Soude. .	17,70= 4,50	Oxi. de la sil. en moins.	0,64

En traitant de la peinture sur verre, nous avons insisté sur cette question. Nous ferons en outre observe ici que le moindre état de saturation du verre à vitres paraît se réaliser quand la silice contient quatre fois l'oxigène des bases réunies, pourvu qu'elles ne contiennent pas beaucoup d'alumine.

Verre à glaces. Sa composition admet toujours les silicates de soude, de chaux et d'alumine. Relativement à la blancheur de la teinte, il serait avantageux de remplacer la soude par la potasse ; les glaces se trouveraient débarrassées de la nuance verdâtre ou bleuâtre qu'elles offrent toujours, et on pourrait sans doute augmenter la dose de la chaux, que l'on tient faible dans ces sortes de verres pour éviter la dévitrification. Voici l'analyse d'un verre à glace :

Silice. . .	75,99	39,4	...39,4 oxi. de l'acide.
Alumine .	2,08.	1,3	
Chaux . .	3,08.	1,0	= 6,7 oxi. des bases.
Soude . .	17,5».	4,4	

Comme on le voit, cette composition diffère du verre à vitres par les proportions seulement; mais les différences, sous ces rapports, sont notables dans le verre à vitres. En effet, pour chaque atome de soude, il y a toujours au moins un demi atome de chaux ; dans le verre à glaces, au contraire, pour un atome de soude, on ne trouve qu'un quart d'atome de chaux. Dans le verre à vitres, en réunissant l'alumine et la chaux, l'oxigène de ces bases dépasse toujours l'oxigène de la soude, tandis que, dans le verre à glaces, l'oxigène de la chaux et de l'alumine font à peine la moitié de celui de la soude. Il résulte de ces différences que le verre à glaces est plus fusible, plus altérable et moins dur que le verre à vitres ; mais il est aussi moins cassant et moins prompt à se dévitrifier.

Dans l'analyse qui précède, on peut observer que la quantité d'oxigène de la silice est à-peu-près six fois celle des bases ; ce qui tend à confirmer que le verre à glaces se rapproche en effet beaucoup de la composition du verre soluble.

On a remarqué que la soude détruit les creusets beaucoup plus promptement que la potasse lorsqu'on la substitue à cette dernière dans la vitrification. La cause de ce phénomène tient surtout à ce que ceux qui les premiers firent usage de la soude, lui croyaient une action seulement égale à celle de la potasse et en consommaient une aussi grande quantité. Or, comme la capacité de saturation de la soude est beaucoup plus grande que celle de la potasse (1), la soude est d'ailleurs moins volatile ; la quantité qui se trouvait en excès devait attaquer les creusets avec facilité. Cet excès était d'autant plus notable, que la potasse elle-même était déjà employée en trop forte proportion. Quant aux doses de carbonate de soude que l'on peut substituer à celle de carbonate de potasse, on peut se fonder sur les observations suivantes que MM. Pelouze et Baudrimont ont faites : 100 parties de potasse de 55 à 58° fondent 200 parties de sable, tandis que la même quantité de sel de soude,

(1) Cette cause avait long-temps aussi trompé les blanchisseurs, qui substituèrent l'alcali *indigène* aux potasses ; elle explique encore le bénéfice énorme que firent les fabricans de POTASSE FACTICE en vendant, pour potasse d'Amérique, de la soude rendue caustique et coulée en pains et concassés ensuite.

à 73°, en fond 300 parties à la même température.

Verre à bouteilles. La composition de ce verre doit être très-variable quant aux proportions des matières qui le constituent; mais, quant à leur nature, tout porte à croire qu'ils offrent entre eux peu de différence. On y rencontre toujours de la silice, de l'alumine, de l'oxide de fer, de l'oxide de manganèse en petite proportion, de la chaux, de la potasse et de la soude, ou bien seulement l'une de ces deux dernières bases.

Voici l'analyse du verre à bouteilles de la manufacture de Sèvres :

Silice.	53,55= . . .	= 26, 7 oxig.	
Alumine . . .	6,01=2,8 ox.	} = 4, 5 id.	
Pérox. de fer.	5,74=1,7 id.		
Chaux	29,22=8,2 id.	} = 9, 1 id.	
Patasse. . . .	5,48=0,9 id.		
	100,00		

La composition de ce verre est, comme on le voit, bien définie, puisque, d'une part, la silice contient deux fois plus d'oxigène que les bases, tandis que, de l'autre, l'alumine et l'oxide de fer contiennent moitié moins d'oxigène que la chaux et la potasse. On peut donc la considérer comme équivalent à un atome de bi-silicate de chaux et de potasse.

Analyse d'un autre verre à bouteilles.

Silice.	45, 6= . . .	=23,56 oxide.
Alumine. . . .	14,0=6,58	} =8, 50 id.
Peroxide de fer.	6, 2=1,92	
Chaux	28, 1=7,64	} =8,64 id.
Potasse.	6, 1=1,00	
	100, 00	

Au lieu de bi-silicates, on trouve donc ici des sesquisilicates. Au lieu du rapport de 1 à 2 entre l'oxigène des bases indifférentes et celui des bases alcalines, on a le rapport de 1 : 1. Ces différences permettent de supposer qu'il peut en exister de plus grandes encore.

Ce dernier verre se dévitrifie bien plus facilement que le premier.

La vase de mer des côtes de Dunkerque est employée dans la composition du verre à bouteilles par plusieurs verriers des environs de Valenciennes, Fondue, elle donne du verre propre au travail, mais fragile et peu dense.

Cette vase, molle comme l'argile, est d'un brun bleuâtre; elle jaunit d'abord à sa superficie, puis graduellement dans toute son épaisseur, lorsqu'elle se dessèche. Elle renferme du sable en grains, quelques débris de coquilles, de mollusques, et répand une odeur qui rappelle son origine. Elle contient :

Silice.	43, 75	} 100, 00
Alumine	13, 82	
Carbonate de chaux. . .	36, 28	
Péroxide de fer.	» , 63	
Chlorure de sodium et sulfate de soude	2, 75	
Mat. organique contenant du soufre.	1, 86	
Traces d'iode et perte. .	», 91	

Il faut ajouter à ces matières une quantité d'eau qui varie depuis 1, 60 jusqu'à 10 et 12 pour cent.

Cette composition paraît se rapprocher d'un verre de bouteille analysé par M. Dumas; mais la dose des bases alcalines y est beaucoup plus faible; elle n'est peut-être pas vitrifiable sans addition.

Cristal. Il est toujours formé de silice, potasse et oxide de plomb; mais le rapport de ces trois corps varie selon que le four est chauffé au bois ou à la houille. Dans ce dernier cas, on augmente la proportion de l'oxide de plomb.

Voici deux analyses de cristal :

Silice	58,»=29,»=oxig.	de l'ac.=29
Chaux. . . .	2,6= 0,72 id.	} Oxide des bases. = 4, 47
Ox. de plomb.	32,5= 2,25 id.	
Potasse . . .	8,9= 1,50 id.	

Cristal de Vonèche fait à la houille, analysée par M. Berthier.

Silice . .	61,0=31,7=oxig.	31=ox. de l'ac.
Oxide de plomb.	33,0= 2,3 id.	} 3, 3 = ox. des bases.
Potasse .	6,0= 1,0 id.	

Ces analyses démontrent que la loi de saturation du cristal varie, et que l'oxigène des bases peut être à celui de l'acide dans le rapport de 1 : 7 ou de 1 : 9.

Flint-glass. Cette espèce de verre diffère essentiellement du cristal ordinaire, sinon pour la nature, du moins pour l'état de saturation des élémens et pour les quantités relatives de silicate de plomb et de silicate de potasse. Voici la composition du flint-glass de M. Guinand.

Silice.	42, 5	} 100, 0
Alumine.	1, 8	
Oxide de plomb.	43, 5	
Chaux.	0, 5	
Potasse	11, 7	
Acide arsénique.	trace.	

Si on représente cette composition par deux atomes de silicate de potasse et trois atomes de plomb, en admettant que, dans les deux silicates, l'oxigène de la base soit à celui de la silice dans le rapport de 1 à 4, on trouve la composition suivante :

	2 at. potasse. . . .	= 1179 ou	0, 126
	3 at. ox. de plomb.	= 4183	0, 455
	20 at. silice.	= 5852	0, 419
d'où	1 at. flint-glass. .	= 11214 ou	1, 000

Voyez, pour tous les autres détails relatifs à ces deux dernières sortes de verre, l'article Cristal.

Vitrification de la baryte.

Dans deux verreries à bouteilles des environs de Valenciennes on faisait usage d'une substance qu'un Belge vendait sous le nom de *spath*, et dont on ne connaissait pas la nature. MM. Pelouze et Baudrimont ont fait voir que c'était le *spath pesant*, ou sulfate de baryte naturel.

Les verriers ont reconnu que le verre dans lequel entre cette matière est plus dense, plus homogène, plus fusible, et se travaille plus facilement. Ils ont encore remarqué que cette matière avait du *fondant* (1).

Dans la proportion de 1 atôme de silicate de baryte, plus 3 atômes de silicate de soude, ce mélange, placé dans un four de verrerie, se vitrifie facilement. Le verre qui en résulte peut se travailler un peu au-dessus du rouge cerise, et avec autant de facilité que le verre plombifère dont il a presque l'éclat.

Il est donc très-probable que les verriers pourront souvent avec avantage faire entrer, pour son équivalent en baryte, le sulfate de cette base broyé très-fin, et ajouté avec les fondans ordinaires.

(1) Des verriers donnent le nom de *fondant* à tout ce qui, dans la vitrification, peut servir à dissoudre du sable ; à ce titre, on peut être étonné d'entendre dire par un fondeur qu'un sable a plus de fondant qu'un autre ; mais leurs observations sont si précises sur les doses d'alcali et de sable qui peuvent se vitrifier ensemble, que l'examen des sables vérifie leurs assertions. Cela s'explique facilement en faisant attention que la durée de la fonte des matières vitrifiables indique le rapport ou la fusibilité de ces matières. L'action des alcalis est d'autant plus rapide que la surface du sable est plus étendue ; on voit que le sable le plus fin, ou celui qui, sous un poids donné, présente plus de surface, est celui qui doit avoir plus de fondant.

Ils y trouveraient surtout l'avantage d'obtenir ainsi des qualités commerciales les plus belles et mieux vendables.

Relativement à leur éclat, les verres ont été ainsi classés par MM. Baudrimont et Pelouze, en allant du plus au moins : verres à base d'oxide de plomb, de baryte, de potasse, de soude. Il est à remarquer que cet éclat est en rapport avec les poids des atômes basiques qui entrent dans la composition du verre avec sa densité, sa fusibilité et sa puissance réfractive. On peut admettre que c'est à la faible réfraction du verre à base de soude qu'il faut attribuer son peu d'éclat.

La composition du verre influe sur sa densité. Ainsi, les verres à base d'oxide de plomb sont les plus lourds, tandis que les verres alcalins calcaires sont les plus légers, et le verre à bouteilles offre un poids intermédiaire.

Voici les résultats de quelques essais y relatifs, l'eau pesant 1 :

Flint-glass.	3,3	à	3,6
Cristal.	2,9	à	3,255
Verre à bouteilles.			2,732
Verre à vitres.			2,642
Glaces de Cherbourg. . .			2,506
Craie de St.-Gobain. . .			2,488
Crown-glass.			2,487
Verre de Bohême.			2,396

La densité du flint-glass et du cristal pourrait donner une indication assez précise de leur composition ; mais on ne pourrait déduire, même approximativement, la composition des autres verres de leur densité, les différences, sous ce rapport, étant trop faibles entre leurs principes constituans.

Avant de traiter des procédés techniques de la préparation du verre, nous donnerons quelques détails sur les réactions qui ont lieu dans cette opération, sur les matières premières employées et sur les propriétés du verre.

Les réactions qui se passent dans le creuset sont faciles à expliquer. En effet, si l'on a mélangé ensemble de la silice, du carbonate de soude et du carbonate de chaux, la silice s'empare de la soude et de la chaux, et l'acide carbonique se dégage. De même, si l'on avait mêlé de la silice avec du carbonate de potasse et du minium, ce dernier reviendrait à l'état de massicot, pour s'unir à la silice qui se combine aussi avec la potasse. Il en résulte donc un dégagement

d'oxigène et un dégagement d'acide carbonique.

Ces dégagemens de gaz qui accompagnent constamment la production du verre et du cristal expliquent la présence si fréquente des *bulles* dans la masse vitreuse. Pour chasser ces bulles, on est obligé de porter la température assez haut pour que le verre devienne bien fluide. Mais, comme la potasse et la soude peuvent se volatiliser à cette chaleur intense, on doit en outre introduire dans les compositions bien plus de potasse et de soude que le verre n'en conserve définitivement.

Une température très-élevée est encore nécessaire toutes les fois que l'on emploie des *alcalis* impurs. La présence des chlorures et celle même des sulfates qui fondent sans se mêler au verre occasionneraient dans celui-ci une foule de *nodules* ou *nœuds* blancs et opaques disséminés dans sa masse. A l'aide de la fluidité, qu'une haute température détermine, ces deux matières spécifiquement moins pesantes que le verre, viennent nager à la surface du bain : on les enlève alors avec une *poche* (1).

De la potasse, en se volatilisant, produit bientôt au-dessus des creusets une vitrification superficielle des briques de la voûte du fourneau ; de là, des gouttes d'un verre coloré qui tombent quelquefois dans le creuset, et que l'on désigne sous le nom de *larmes*.

D'autres accidens de fabrication, les *filandres* et les *cordes*, se présentent plus souvent encore : les filandres proviennent du défaut d'homogénéité dans la masse vitreuse. Quand la densité de celle-ci n'est pas uniforme, le verre soufflé présente çà et là des *stries*, nommées filandres, et qui deviennent les rayons lumineux. Les *cordes* sont des stries superficielles et protubérantes ; elles ont toujours lieu quand on souffle le verre trop froid.

On emploie dans les *compositions* du verre des substances assez variées ; le sable siliceux, les carbonates de potasse, de soude, de chaux et le minium sont les seules qui soient strictement nécessaires. On peut remplacer les carbonates alcalins par leurs sulfates, et quelquefois on peut se servir de sables argileux et ferrugineux. Pour le verre à bouteilles, la présence de l'alumine est même indispensable. On trouve des verres contenant de la magnésie qui provient du sable employé. Les soudes brutes, les potasses brutes, les cendres elles-mêmes peuvent être substituées aux carbonates purs ; enfin, on a proposé d'appliquer le felsphath et les laves volcaniques à la fabrication du verre. Cet usage du felsphath devait se présenter à l'esprit, lorsque l'on a connu la vitrification si facile de ce minéral. Aussi M. Ghérard l'a-t-il proposée, il y a long-temps déjà, dans les Mémoires de l'Académie de Berlin. Suivant lui, on devrait mélanger, pour obtenir un verre à vitres, 2 parties de felsphath, 2 parties de sable, 1 partie de craie. Toutefois ces proportions ne pouvaient donner qu'un verre difficile à fondre et prompt à se dévitrifier. C'est précisément ce qui arriva dans une expérience en grand que fit M. Roy, sous les yeux de MM. Chaptal et Allut. Qu'on mélange, en effet, 100 parties de felsphath, 100 parties d'argile d'Arcueil, ou d'une argile analogue, et 80 de chaux vive, ou l'équivalent en carbonate calcaire, et l'on aura la composition suivante :

	Felsphath.	Argile.	Verre.	
Silice. . .	66	63	129 ou bien	46, 3
Alumine.	18	37	55	20, 0
Potasse .	16	»	16	5, 7
Chaux. .	»	»	80	28, 0
			280	100,00

C'est-à-dire un verre qui (à la couleur près, si l'argile n'est exempte de fer) sera de même matière que le verre à bouteilles, et en offrira les avantages comme les inconvéniens. Relativement aux verres à vitres ordinaires, ou verres analogues, le felsphath doit pouvoir y entrer pour 1/3 ou 1/4 sans inconvénient bien notable. On produirait ainsi une composition qui ne différerait du verre commun que par la présence de 4 centièmes d'alumine, et il y a dans le commerce des verres qui en contiennent cette proportion et même plus. Il est même probable que, par des additions convenables de BORAX, D'ACIDE BORIQUE ou d'oxide de plomb,

(1) Bosc d'Antic a même cherché à prouver que ces chlorures, que l'on désigne sous le nom de *sel de verre*, jouent un grand rôle dans la production des bulles ; la tension du sel marin à la température rouge suffit peut-être, en effet, pour en produire. Depuis que les sels de soude sont livrés au commerce à bas prix et plus purs, il se produit bien peu de sel ou de fiel de verre dans la fabrication des verreries blanches ; mais, dans les verreries à bouteilles, on en obtient toujours, parce qu'on y emploie des soudes *brutes* impures.

on amènerait le felsphath à produire lui-même un verre doué de toutes les qualités désirables.

Ce fut en 1780 que M. Chaptal, alors professeur de chimie à Montpellier, proposa l'emploi de la lave. M. Ducroc, verrier des environs d'Alais, foudit à la houille la lave du volcan éteint de Montferrier, sans aucune addition, et en fabriqua quelques bouteilles. M. de Castelvieil, autre verrier du pays, fondit au bois un mélange de sable de lave et de soude, et obtint ainsi des bouteilles plus légères et plus résistantes que celles qu'on fabrique ordinairement. Ces bouteilles eurent une si grande vogue qu'on ne pouvait suffire aux demandes. Mais, au bout de quatre années, les bouteilles qu'on obtenait ne ressemblaient plus aux premières; elles étaient fort inférieures en qualité : la fabrique perdit sa bonne réputation, et fut forcée d'abandonner le système qu'elle avait adopté avec tant de succès d'abord.

La nature de la lave avait sans doute changé; et, le même dosage ne convenant plus, une analyse pouvait seule guider l'opérateur. C'est par là qu'il faudrait commencer, si l'on voulait reprendre une fafabrication digne à tous égards d'être soumise à des épreuves que l'état de la science rendrait bien plus faciles. Pour avoir pris une autre marche, M. de Castelvieil a échoué, et M. Fougeroux de Bonderoy, qui paraît s'être occupé en 1787 de la même question, sans avoir connaissance des faits qui précèdent, n'a point réussi non plus.

Recuit du verre. Quand le verre a été chauffé au point de se ramollir, et qu'on l'expose à un refroidissement brusque, il est très-cassant; lorsqu'au contraire, on le soumet à un refroidissement gradué, il devient capable de résister sans se rompre sous des chocs assez forts, et il résiste également bien à des variations de température assez brusques. On a comparé ces phénomènes à la trempe de l'acier.

On observe le fait général d'une manière fort simple. Que l'on prenne en effet du verre fondu, et qu'on le laisse tomber goutte à goutte dans de l'eau froide; chaque goutte se solidifiera subitement et prendra la forme d'une larme, la petite masse qui s'est détachée de la canne ayant filé pendant quelques instans avant de s'en détacher complètement. On a donc ainsi une masse de verre plus ou moins volumineuse, et généralement sphéroïde ou ovoïdale, allongée en une queue qui se termine en pointe très-effilée. La surface de ce verre est plus dure qu'à l'ordinaire; mais dès que l'on vient à casser la petite queue, toute la masse vole en éclats avec une légère détonation. Ces petits objets sont connus sous le nom de *larmes bataviques.* On explique le phénomène qui les produit en supposant que, par l'immersion dans l'eau froide, la superficie du verre s'est subitement solidifiée, les parties centrales étant encore rouges, et par conséquent fortement dilatées. Quand ensuite ces dernières refroidies se sont solidifiées, elles ont dû, par des points d'adhérence avec la surface, occuper un volume plus grand que celui qui convient à la température à laquelle elles se trouvent; les molécules centrales, plus écartées qu'à l'ordinaire, exercent donc sur l'enveloppe une très-forte traction. Dès qu'une portion de l'enveloppe se trouve rompue, les particules qu'elle retenait, vivement contractées, ébranlent toutes les autres, qui déterminent alors et simultanément une foule de points de rupture; tous les fragmens précipités avec force chassent l'air devant eux; ce fluide, par les dilatations et contractions brusques qu'il éprouve, produit la détonation que l'on entend.

Ce sont des phénomènes analogues qui ont lieu dans les vases de verre un peu épais livrés au commerce; de légères variations de température, celle, par exemple, qu'ils éprouvent lorsqu'on les transporte d'une chambre sans feu dans une chambre chauffée; il arrive parfois que ces verres éclatent tout-à-coup sans cause apparente. On conçoit que plus les verres sont épais, et plus il y a de chance dans la production des effets de cette espèce.

L'opération qui porte le nom de *recuit* a pour but d'éviter les accidens précités; elle consiste à soumettre le verre à un refroidissement très-lent. A cet effet, on le place, pour recuire dans des fours particuliers que l'on chauffe jusqu'au rouge, et qu'on abandonne à un refroidissement prolongé, après en avoir fermé toutes les issues. Quelquefois le recuit a lieu dans de longues galeries, où l'on place des caisses en tôle, liées les unes aux autres par des crochets. La galerie est chauffée vers une de ses extrémités. Pendant tout le reste du trajet, les caisses en tôle et le verre qu'elles contiennent éprouvent un refroidissement qu'on ralentit à volonté en prolongeant le séjour des caisses

dans la galerie. Cette disposition est la meilleure de toutes, car la partie chauffée ne se refroidit pas, et le service est continu et très-facile, puisque, d'un côté, on retire le verre recuit, et que, de l'autre, on enfourne à mesure le verre à recuire. Ce système de four convient surtout dans les fabrications où, comme pour les poteries, l'on veut échauffer une matière à un point fixe, et dans lesquelles l'échauffement et le refroidissement doivent l'un et l'autre se faire avec lenteur.

Le recuit du verre dans les fabriques est en général insuffisant. On emploie pour quelques objets un autre moyen de recuit fort simple, mais qui serait trop coûteux s'il fallait s'en servir en grand.

Il consiste à placer les vases de verre dans une bassine, en ayant soin de les séparer par un peu de foin et de paille. On remplit d'eau les vases et la bassine, et on porte le liquide à l'ébullition; on laisse ensuite le tout refroidir lentement. Les vases, ainsi traités, bien plus régulièrement refroidis que dans l'air des galeries, sont pour ainsi dire assurés contre les effets nuisibles des changemens brusques de température entre les limites de 50 à 100°, ou environ, suivant leur épaisseur.

Quand le verre n'a point été recuit, on le coupe très facilement en lui faisant éprouver un changement de température un peu brusque; à l'instant même, une fente très-nette se détermine sur le point échauffé ou refroidi brusquement. Les verriers mettent sans cesse cette propriété à profit pour détacher de la canne les vases qu'ils façonnent, pour couper ceux-ci en divers sens, etc. Mais lorsque le verre a été recuit, on ne parvient plus aussi facilement à le fendre par ce moyen. Il faut, en général, alors avoir recours à un trait de lime pour déterminer la première rupture. Quand le verre a été entamé par la lime, qu'on le chauffe au moyen d'un fer rouge ou d'un charbon ardent, et qu'on touche ensuite le point échauffé avec une gouttelette d'eau froide, la rupture s'opère subitement; la fente une fois commencée, il suffit pour la prolonger de chauffer le verre du côté où l'on veut la diriger, et à quelque distance du point où elle s'est arrêtée d'abord. L'inégale dilatation que le verre éprouve occasionne de proche en proche ce prolongement de la rupture. Dans les laboratoires où l'on a sans cesse à découper des vases de verre de diverses formes, on se sert pour les chauffer de petits cylindres formés avec de la poudre de charbon mise en pâte avec de l'eau gommée; ces charbons brûlent lentement à l'air; mais, en soufflant sur le point enflammé, on rend la combustion suffisamment vive, et la pointe se maintient conique pendant la durée de l'opération. On arrive au même résultat en se servant, comme Lebaillif l'a indiqué, de petites baguettes en bois qu'on fait bouillir dans une solution de nitrate de plomb; ces baguettes séchées brûlent assez vivement pour développer vers la pointe la haute température que l'on veut obtenir.

Ces moyens s'appliquent surtout aux verres cylindriques; les verres plats se coupent si facilement au moyen du diamant, qu'on n'emploie pas d'autre méthode pour eux. M. Wollaston a fait le premier des observations fort ingénieuses à ce sujet, et donné l'explication de cette opération très-anciennement pratiquée.

Rayer et couper sont deux choses bien distinctes : dans le premier cas, la surface est irrégulièrement brisée sous la forme d'un sillon raboteux; dans le second, on produit une fissure unie, une fente légère, qui peut être continuée sans interruption d'une extrémité à l'autre de la glace qu'on veut rompre. L'artiste adroit fait un petit effort sur une des extrémités de cette ligne, et la fente qu'il forme se prolonge presque toujours jusqu'à l'autre.

Depuis long-temps on sait que les substances plus dures que le verre ont la propriété de le rayer; mais on avait généralement pensé que celle de le couper appartenait au diamant seul : tout en admettant que sa grande dureté continue à rendre ce genre d'action durable, M. Wollaston pense que cette propriété dépend d'un effet mécanique qu'on peut reproduire avec d'autres substances.

Quand un diamant est façonné par un lapidaire, toutes ses surfaces sont à peu près planes, et conséquemment les lignes suivant lesquelles elles se coupent, ou les arêtes, sont des lignes droites; mais dans les diamans naturels, qui sont ceux que les vitriers emploient toujours, et surtout dans ceux dont ils se servent de préférence, les surfaces sont généralement courbes; en sorte que, par leurs intersections, elles donnent naissance à des arêtes curvilignes. Si l'on place le diamant de telle sorte qu'une de ses arêtes soit tangente près de ses extré-

mités à la fissure qu'on veut produire, et si les deux faces adjacentes sont également inclinées à la surface du verre, on aura satisfait aux conditions qui rendent l'opération facile. La courbure de l'arète étant peu considérable, les limites de l'inclinaison sont très-rapprochées. Quand le contact est convenablement formé, on obtient une simple fissure produite par la pression latérale des deux faces du diamant, pression qui s'exerce également de chaque côté; par ce moyen, les portions contiguës de la surface du verre tendent à se séparer plus que leur élasticité ne le comporte, et une séparation partielle des élémens du verre, une fente peu profonde, en résulte, limitée par l'élasticité des parties inférieures moins fortement sollicitées.

La forme de l'arète du diamant étant la principale cause des effets qu'il produit, d'autres minéraux doués d'une dureté suffisante pourraient présenter des résultats analogues si l'on rendait leurs arètes un peu courbes. M. Wollaston, ayant donné cette forme à un saphir, à un rubis spinelle, à un fragment de cristal de roche, et à quelques autres corps, trouva que chacun d'eux avait, pendant un certain temps, la propriété de former dans le verre des fissures nettes. Il paraît très-probable que la durée singulière de l'action des diamans coupans provient de ce que la dureté est plus grande dans la direction des angles naturels de ce cristal que dans tout autre sens.

Propriétés chimiques du verre. L'air ou l'oxigène sec, froid ou chaud, n'exerce aucune action sur les verres; il n'en est pas de même de l'air humide, comme nous le verrons plus bas.

On conçoit que les corps désoxigénans peuvent au contraire agir, à l'aide de la chaleur, sur les verres qui renferment des oxides de fer ou de manganèse, et surtout de l'oxide de plomb. En effet, quand on chauffe des verres plombeux avec du charbon ou dans un courant d'hydrogène, ces verres éprouvent très-promptement une altération profonde; l'oxide de plomb se réduit, et le plomb métallique mis à nu communique au verre une teinte noirâtre. Cet effet est si rapide que l'on ne peut travailler le cristal à la lampe d'émailleur sans le noircir profondément, si l'on n'observe des précautions particulières. Celle qui réussit le mieux consiste à placer un peu de savon sur la mèche de la lampe; la flamme change tout-à-coup d'aspect, et ne noircit plus le cristal. Il est problable que la présence du savon altère la capillarité de la mèche, diminue l'ascension de l'huile, permettant ainsi une combustion plus complète.

L'eau n'agit pas sur tous les verres; mais pourtant il en est plusieurs qu'elle tend à décomposer en silicate alcalin soluble, et silicate terreux et alcalin insoluble. Elle produit, en quelque sorte, le même partage qui résulterait d'un refroidissement lent ou de la dévitrification du verre. Les verres à vitres, ou ceux qui ont une composition analogue, sont altérés de cette manière et très-profondément par l'eau bouillante. Depuis long-temps Schèele en a fait la remarque, de telle sorte que l'eau qu'on fait bouillir long-temps dans des vases de verre devient alcaline et se trouble par la portion de silicate terreux et alcalin insoluble, qui forme le résidu de son action, et qui, se détachant des parois du vase, reste en suspension dans le liquide. Cet effet est si prononcé sur le crown-glass, le verre à glace, et certains verres à vitres, qu'il suffit de les réduire en poudre fine, et de les mettre en contact avec l'eau froide, pour qu'ils lui communiquent une réaction alcaline. Ces mêmes verres sont presque toujours assez hygrométriques pour se recouvrir d'une légère couche d'eau quand on les expose au contact de l'air humide.

Cette action de l'eau explique un assez grand nombre de phénomènes que l'on observe sur les verres, et principalement sur les verres à base de chaux et de soude, ou de potasse. Tout le monde sait que les glaces polies se ternisssent quelquefois à l'air; ce résultat tient au dépôt d'une couche d'eau hygrométrique; on l'observe également sur les verres des instrumens d'optique; l'effet ne va pas plus loin si le verre est bien fait; mais, s'il est trop alcalin, l'eau déposée en attaque peu à peu la surface, et produit ainsi une décomposition semblable à celle que l'on vient d'étudier; dès lors le verre est terni sans remède, ou du moins il faut le polir de nouveau. Quelquefois l'aspect terne est peu sensible, et déjà l'altération est très-profonde; on s'en aperçoit dès qu'on essaie de chauffer le verre. Sa surface se détache en écailles très-minces et lamelleuses, qui imitent, par la régularité de leurs cassures, le phénomène qui donne naissance à la porcelaine *truitée*. Mais, dans le verre, les écailles soulevées sont très-pe-

tites, se détachent entièrement, et tombent sous forme d'une poussière farineuse; le verre reste alors dépoli, rugueux et demi-transparent. Les tubes de verre, les ballons, les cornues, et même les verres à pied, qui, dans les laboratoires, sont long-temps exposés à l'air humide, offrent très-souvent ce phénomène : dans cet état, les tubes ne peuvent plus être chauffés à la lampe sans perdre leur poli. Les verres de montre sont presque toujours dans ce cas; les verres des instrumens d'optique le présentent très-souvent aussi : il paraît même que les verres qui ont été polis sont plus exposés à cet effet que les verres ordinaires. On sait, en effet, que les verres qui n'ont pas été polis offrent une superficie plus brillante et plus dure, ce qui semble dû à une espèce de vernis vitreux plus compacte.

Il est donc possible que le polissage rende les verres plus attaquables en mettant à nu la partie intérieure de la masse, et en détruisant la couche dure qui la garantissait.

Les vitres des habitations d'une date ancienne présentent souvent une surface terne et dépolie, dont il faut attribuer l'origine à une semblable cause. Lorsque l'eau hygrométrique a attaqué le verre, les moindres changemens de température en font éclater de très-petits fragemens qui laissent ainsi la superficie terne, dépolie ou du moins fendillée et disposée à se soulever en écailles par le moindre frottement; cet effet se remarque surtout dans les vitres des écuries : au bout de quelques années, elles se trouvent tellement altérées, qu'elles offrent tous les phénomènes de décomposition de la lumière que produisent les lames minces; aussi sont-elles irisées, et quelquefois d'une manière fort remarquable, par l'intensité et la pureté des couleurs.

C'est encore la même cause qui a produit l'altération si forte des verres anciens que l'on retrouve dans les ruines ou dans les tombeaux; leur surface est entièrement décomposée; quelquefois elle est devenue opaque, et le moindre frottement la fait tomber en pellicules minces et légères qui offrent toutes les couleurs de l'iris. Quand on a détaché la partie décomposée de la surface extérieure d'une fiole, on la croirait étamée, mais il n'en est rien; cet aspect est dû à la couche intérieure du verre décomposé, qui, à raison de son opacité parfaite, renvoie toute la lumière qui traverse la partie encore transparente, on retrouve donc ici, mais avec plus d'intensité, les effets que l'on peut observer si fréquemment sur les vitres des écuries.

Puisque l'eau seule peut agir sur le verre avec tant d'énergie, on concevra facilement que la potasse et la soude, en solutions concentrées, puissent attaquer le verre; on a peu étudié ce genre de réaction. A la température rouge, non-seulement la potasse et la soude, mais tous les carbonates et toutes les bases de la première section, se combinent avec les élémens du verre pour constituer des verres plus basiques. Quand on se sert de carbonates, l'acide carbonique est chassé; on peut même dire que tous les oxides, non décomposables par la chaleur, chauffés avec le verre, s'y combinent, et forment ainsi des verres transparens ou opaques, colorés ou incolores, plus ou moins attaquables que le verre employé selon les doses. En général, quand on augmente beauuoup la dose de l'oxide qu'on ajoute, on rend le verre soluble dans les acides; c'est ce qu'on fait pour l'analyse du verre quand on le traite par le carbonate de soude, par le carbonate de baryte, ou par l'oxide de plomb.

A leur tour, les acides doivent agir sur les verres avec facilité, parmi eux, l'acide hydrofluorique doit être classé à part à cause de son action toute spéciale; les autres acides tendent à décomposer le verre en s'emparant des bases, et mettant la silice à nu.

Parmi les verres à bouteilles, il en est beaucoup qui résistent à l'action du vin, et qui, toutefois, sont fortement attaqués par les acides nitrique, hydrochlorique et sulfurique. Il se forme des sels de chaux, de fer, d'alumine et de l'alun, quand on se sert d'acide sulfurique; ce dernier acide produit dans l'intérieur des bouteilles des mamelons cristallins, dont la base finit par percer le vase; ces mamelons ont quelquefois la grosseur d'une fève; dans tous les cas, la silice devenue libre se prend en gelée (1).

(1) Le verre à bouteilles trop riche en alumine est un de ceux que les acides attaquent le plus facilement; on a vu de ces verres que le bitartrate de potasse contenu dans le vin attaquait assez vite pour que l'altération fût déjà sensible au bout de peu de jours. Le sel d'alumine produit, décolore le vin, et lui communique une saveur désagréable. La bouteille se corrode, et il s'en détache un dépôt floconneux; en même temps, il se dépose des cristaux de divers sels.

Les verres à base de plomb sont d'autant plus attaquables, qu'ils sont plus riches en plomb. Le cristal bien fait résiste tres-bien; il en est de même des verres à vitres; trop alcalins, ils sont attaqués et très-facilement; bien faits, ils résistent : aussi quand un verre se dépolit par la chaleur, est-on sûr qu'il est attaquable par les acides (1).

Nous avons dit que l'acide hydrofluorique agit sur le verre d'une manière spéciale; en effet, comme cet acide transforme la silice en eau et en fluorure de silicium, il en résulte qu'il doit agir sur tous les verres; son action serait même toujours prompte et complète, si la formation d'une certaine quantité de fluorure double de silicium et de sodium, ou de potassium, ou d'aluminium, ou de calcium, ou de plomb, fluorures doubles, qui sont tous peu solubles ou insolubles, ne diminuait le contact, et par conséquent l'effet produit.

L'acide hydrofluorique attaque le verre vite et facilement quand l'action s'exerce sur une petite surface, et qu'on emploie beaucoup d'acide. On tire parti de cette propriété pour graver le verre; l'acide s'emploie gazeux ou liquide, selon l'occasion et le but qu'on se propose; l'acide gazeux donne des traits opaques, l'acide liquide en fournit de transparens.

Pour graver sur verre au moyen de l'acide gazeux, on nettoie le verre, on le séche bien, on le chauffe, et on y verse un vernis fondu que l'on y étale en couche homogène; ce vernis est formé de cire et de térébenthine; il doit être assez mou pour que le burin l'enléve sans l'écailler; on le forme, en général, d'une partie de térébenthine pour quatre parties de cire. Quand le verre est froid, le vernis a repris un peu d'opacité, mais point assez pour empêcher de calquer; on passe alors un burin sur le vernis en suivant les traits du dessin, et on entame le vernis jusqu'au verre. Quand le dessin est tracé, on expose le verre ainsi préparé à l'action de la vapeur hydrofluorique : pour cela, on se sert d'une caisse en plomb ou d'un vase en terre, on y place du fluorure de calcium en poudre, mélangé avec de l'acide sulfurique concentré; on place le vase sur un feu très-doux, et on pose sur son orifice le verre qu'il s'agit de graver. Quelques minutes après que la vapeur a commencé à se dégager, l'opération est terminée : on retire le verre, on enlève le vernis en le fondant et l'essuyant avec un linge doux.

Au lieu d'exposer le verre à l'action de l'acide en vapeur, si on le plonge dans de l'acide liquide faible, le même effet s'obtient au bout de peu d'instans.

Mais quand on veut produire un dessin pur et correct avec des demi-teintes et des ombres fortes, il faut avoir recours à un procédé plus délicat et plus long; il faut aussi se servir d'un vernis particulier; c'est du moins ce qui résulte des observations de M. Hann, qui est en effet parvenu à reporter sur verre les dessins les plus compliqués d'effet, et à les rendre tous au ton désiré.

Pour obtenir une gravure sur verre bien soignée, très-délicate, et d'une profondeur différente et déterminée, on couvre le verre avec un vernis à l'huile de lin siccative, ou mieux encore, le vernis gras de copale, noirci avec le noir de fumée calciné, parfaitement broyé et délayé dans l'essence de térébenthine. Les couches doivent être minces; il faut qu'elles soient bien sèches avant d'en mettre une nouvelle; on cesse de couvrir le verre de vernis dès qu'on s'aperçoit que la lumière ne le traverse que très-difficilement; la couche de vernis ne doit pourtant pas être trop épaisse, le vernis serait disposé à s'écailler, principalement dans les points où les traits doivent être très-rapprochés ou croisés.

Le verre préparé, on calque le dessin, et l'on enlève le vernis avec des pointes de graveurs, ou de simples aiguilles de différentes formes et grosseurs. Pour plus de commodité, on éclaire le dessin par-dessous, en l'inclinant à-peu-près de 45° sur un pupitre à jour.

Après avoir fait le dessin, il faut le ronger avec l'acide hydrofluorique liquide; mais

(1) C'est sur cette action des acides que M. Guyton-Morveau a basé un procédé propre à l'essai des verres. Il place le verre à essayer dans un creuset, l'entoure de sulfate de fer du commerce, couvre le creuset, et le chauffe au rouge. Par la calcination, le sulfate de fer laisse dégager de l'acide sulfurique anhydre, qui réagit d'autant mieux sur le verre que la température est élevée. Les bons verres résistent à cette épreuve, les mauvais sont plus ou moins corrodés. Ce mode d'essai peut être remplacé très-avantageusement par un autre, qui consiste à réduire le verre en poudre fine, et à soumettre celle-ci à l'action de l'acide nitrique pur et bouillant. L'acide détruit les verres trop basiques plus vite et plus complètement que les verres d'une composition mieux saturée.

avant de commencer cette opération, on doit essayer le verre aussi bien que l'acide ; on fait cet essai préliminaire sur un petit coupon du même verre couvert du même vernis. On divise ce coupon en cinq ou six parties ; on fait sur chacune de ces parties quelques traits à l'aiguille, et on commence à les couvrir successivement, et de minute en minute, au moyen d'un pinceau, avec de l'acide hydro-fluorique liquide. Lorsque l'acide a agi pendant une minute sur la dernière portion, il a donc été en contact avec le verre pendant deux minutes sur la précédente, et pendant six minutes sur la première. Cela fait, on lave le coupon à grande eau, et on enlève le vernis avec un couteau et de l'essence de térébenthine : il n'est plus difficile de fixer le temps convenable pendant lequel on doit faire agir cet acide sur le dessin ; pour être sûr de réussir, et pour le ronger à une profondeur voulue, on porte alors l'acide sur le dessin au moyen d'un pinceau de poil de chameau, et, après le temps déterminé par l'essai de réaction, on le lave à grande eau, et on le débarrasse du vernis.

Avant de nous occuper des détails de la fabrication proprement dite, nous décrirons les différens fours de verreries, renvoyant pour les fours analogues, où le bois sert de combustible, à l'article Cristal. On trouvera dans ce dernier article divers documens techniques que nous avons omis ici, afin d'éviter des répétitions.

La plance 90 (*Arts chimiques*) représente un *four à vitres, à la houille*, construit sur les plans de M. Dartigues : fig. 1, plan au niveau de la grille ; fig. 2, coupe en A B ; fig. 3, plan suivant la ligne A B, (fig. 2) ; fig. 4, coupe en D E ; fig. 5, coupe en G H ; fig. 6, coupe suivant la ligne F ; fig. 7, élévation du corps du four pour montrer de face la disposition extérieure des ouvreaux ; fig. 8, élévation dans ce four à huit pots. On peut fondre et travailler, en vingt-quatre heures, 1,500 à 1,700 kilogr. de matière pour verre à vitres, en brûlant 1,800 kilogr. de houille. Celle-ci ne doit être ni trop *collante*, ni sujette à décrépiter au feu.

La fig. 2 montre les principales dispositions de ce four : E, grille du foyer ; E E, portes pour le charger ; D, cendrier, 11 pots ou creusets ; F F, voûtes situées au-dessous des arches ; N N, conduits par lesquels la fumée passe dans les arches. Ces conduits se voient mieux dans la fig. 4, sous les lettres PP, où l'on aperçoit la disposition des quatre arches, ainsi que celle de leurs ouvertures SSSS, par lesquelles la fumée s'échappe.

La planche 91 (fig. 1, 2 et 3) montre un *four à vitres au bois*, d'après M. Dartigues.

La fig. 1 représente l'élévation du four ; la fig. 2, le plan au niveau des ponts ; la fig. 3, une coupe prise en travers d'un des pots. Les pots ou creusets sont ovales, ce qui économise la place dans le four. En face de chaque ouvreau se trouve un tréteau sur lequel se placent les ouvriers. A hauteur d'appui, et à la droite du maître ouvrier, est une auge carrée remplie d'eau, et une fourchette en fer. Il place sa canne sur la fourchette, et la rafraîchit au moyen de l'eau contenue dans la caisse, toutes les fois que cela est nécessaire. Sur le plancher et au-dessous de la caisse se trouve le *marbre*, ou bloc en bois de hêtre, dans lequel on a creusé plusieurs demi-poires. Dans ce four, pour obtenir 1,000 kilogr. de verre, on brûle 2,000 kilogr. de bois tel qu'il vient de la forêt ; on fait de trente à trente-quatre travaux en trente jours.

Fig. 4, creuset } sur une plus grande
Fig. 5, marbre } échelle.

Fig. 6, 7, 8, 9, 10 et 11, four à étendre les vitres.

Fig. 10, plan du four au niveau du tizard ; fig. 11, plan pris au niveau de la tôle du four à étendre et du four à recuire les vitres ; fig. 8, coupe en CD ; fig. 9, coupe en A B ; fig. 7, élévation du côté de l'ouverture de la trompe ; et fig. 6, autre élévation du côté la partie du fourneau à recuire.

Pour échauffer le four, on charge le tizard par les deux bouts. Quand on veut étendre, on ne laisse qu'une petite overture du côté du four à étendre, par laquelle on met une bûche de temps à autre. La flamme du tizard se répand dans les deux fours par les ouvertures *e, e, e, e, e, e,* fig. 11. Cette figure montre en E, E, la trompe par laquelle arrivent les cylindres de verre. En F, se trouve le lagre sur lequel on les étend. Le travail se fait par une porte placée en C, fig. 8 ; on pousse les vitres dans les fours à recuire, ou par la porte L ; on les redresse en les appliquant sur des barres de fer placées en S.

Fig. 12, canne à souffler le verre.

Fig. A, B, C, D, E, F, G, H, I, L, M, façon d'une vitre soufflée dans ses transformations succesives.

Planche 92.

Fig. 1 et 2, four à boudines.

Fig. 3, four à verre en tables, d'après M. Dartigues; élévation du four disposé pour le travail.

Fig. 4, plan du même four pris au niveau des creusets. Les principales dispositions de ce four sont semblables à celles du four à vitres.

Fig. 5, coupe en A B du four à étendre le verre en tables.

Fig. 6, plan du même four pris au niveau des places d'étendage; EE, trompe pour conduire les cylindres; F, plaque du four à étendre; J, place où se met l'étendeur; H, couverture pour passer les tables de verre dans le four à recuire en G; CC porte par laquelle on pousse les tables de verre de F en G; L, baguettes de fer qui servent à soutenir les tables à recuire. A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, façon du verre en tables. Pour la façon du verre à boudines, voyez encore la planche 32.

Planche 93.

Four à glaces coulées. — Fig. 1, élévation du four du côté des ouvreaux.

Fig. 2, élévation de la tonnelle.

Fig. 3, coupe suivant la ligne A B.

Fig. 4, plan au niveau du foyer.

Fig. 5, plan au niveau des arches.

Fig. 6, coupe suivant la ligne C D.

Fig. 7, détail de la fermeture de la tonnelle.

Fig. 8 et 9, pièces qui ferment les ouvreaux.

La fig. 5 montre les principales dispositions de ce four. A, foyer que l'on charge en bois par les ouvertures ménagées à la tonnelle (fig. 7) : c'est le siége sur lequel se placent les pots et les cuvettes; B, plan incliné par lequel le siége vient se réunir au foyer; D D, creusets ou pots à fondre la matière; E E, cuvettes dans lesquelles la matière se prépare au coulage; F F F, ouvreaux; L L, arches à cuire les pots et les cuvettes; P P, creusets; SS, cuvettes qui cuisent; HH, lunettes ou conduits par lesquels la flamme passe dans les arches. Les arches vides sont destinées à fritter les *compositions* pour le verre.

L'ouverture A, fig. 2, nommée *tonnelle*, sert à enfourner les pots; elle est fermée ensuite, sauf une ouverture carrée que l'on voit, fig. 7, et qui sert de tizard pour jeter le bois sur l'âtre. On ferme la tonnelle par le haut avec des briques, et par le bas avec des pièces *a*, *b*, *cc*, *dd*, dont la disposition est indiquée en élévation et en plan.

Les ouvreaux sont fermés par de tuiles (fig. 8 et 9), munies de trous qui servent, soit à les poser, soit à les enlever avec des fourches en fer.

Planche 94.

Four de verrerie allemand pour bouteilles, chauffé au bois, suivant M. Dartigues.

Fig. 3, plan au niveau des siéges.

Fig. 4, plan au niveau des arches.

Fig. 1, coupe suivant la ligne A, B.

Fig. 2, coupe suivant la ligne C, D.

Dans la fig. 4, G N, sont les fours à fritter les matières; *m*, *m*, *m*, *m*, seront, soit des fours à recuire, soit des fours à fritter, soit des fours à cuire les pots, leur emploi varie selon les besoins et les localités.

Four à boudines, chauffée au bois, d'après M. Dartigues.

Fig. 5, coupe selon la ligne A B.

Fig. 6, plan à la hauteur des ouvreaux.

Ce four peut servir à la fabrication des bouteilles, à celle du verre à boudines, ainsi qu'à la fabrication de la gobletterie commune.

Les pots *a*, *b*, *c*, et leurs ouvreaux *cce*, sont disposés pour gobletterie commune.

Les pots *d*, *e*, *f*, et les deux ouvreaux D E, sont disposés pour verre à boudines; savoir, l'ouvreau D pour commencer le plat, et l'ouvreau E pour l'achever.

Le pot intermédiaire *a* est destiné à préparer la matière. Les figures 1 et 2 de la planche 92 se rapportent à ce même four; la fig. 1 est une coupe prise en A B, et la fig. 2 présente deux plans. Dans la partie supérieure de la figure, le plan est pris au niveau des arches, dans la partie inférieure, le plan est pris au niveau de E E (fig. 1).

A′, B′, C′, D′, E′, F′, G′, H′, I′, de la planche 92, montrent la façon du verre à boudines. La boule soufflée en E′, puis applatie en F′, et coupée en G′, est fixée sur la canne par son côté plat. On agrandit l'ouverture, et on étale la pièce en disque; on peut procéder d'une autre manière qui a été indiquée plus loin.

Verre à vitres.

On en distingue de deux sortes : le *verre blanc* et le *verre demi-blanc*. Cette distinction entre les deux nuances est importante,

car bien que la composition de ces deux sortes de verre soit à très-peu près la même, leurs usages diffèrent ; le premier convient à toutes les applications, le second ne peut servir qu'aux objets d'une faible épaisseur. Dans la plupart des verreries, on fabrique simultanément ces deux variétés, et on le concevra très-bien en songeant que tous les résidus de fabrication du verre blanc, et même le *picadit*, c'est-à-dire la matière vitreuse écoulée autour de la base du creuset, et qui s'est fortement salie en attaquant les briques du fourneau, peuvent être employés dans la fabrication du verre demi-blanc.

Ces deux qualités de verre renferment de la silice, de la soude; plus rarement, de la potasse et de la chaux. On y rencontre accidentellement de l'alumine, de l'oxide de fer et de l'oxide de manganèse.

Le verre à vitres blanc ou en tables est de toutes les espèces celui qui se fabrique le plus généralement soit pour faire des vitres, soit pour la confection des cylindres employés à couvrir les vases à fleurs, les pendules, etc. ; c'est encore cette espèce de verre qui sert à encadrer les estampes, à garnir les portières des voitures, à faire les plateaux des machines électriques, etc.

Préparation. Dans ce verre, on peut remplacer la soude et la potasse par des quantités proportionnelles de chaux qui changent selon le gré du fabricant, et doivent aussi varier d'après l'allure du fourneau. Voici une des nombreuses compositions qui donnent un verre de belle qualité :

Sable.	100 parties.
Craie.	35 à 40
Carbon. de soude sec.	35 à 40
Groisil (verre cassé).	180
Pérox. de manganèse.	0,25
Plus quelquefois.	
Et arsenic	0,20
Idem.	

Les trois compositions suivantes, indiquées par M. Bastenaire, sont trop riches en alcali et trop pauvres en chaux :

1re *composition.*

Sable blanc.	100 parties.
Potasse de bonne qualité.	65
Chaux éteinte à l'air . . .	6
Calcin de verre blanc. . .	50
Oxide d'arsenic.	1
Oxide de manganèse. . .	0,30

2e *composition.*

Sable très-blanc.	100 parties.
Soude riche.	90
Oxide rouge de plomb (*minium*).	5
Calcin de même compos^{n}.	100
Carbonate de chaux . . .	5
Oxide de manganèse. . . .	0,40

3e *composition.*

Sable blanc.	100 parties.
Soude de bonne qualité. .	80
Carbonate de chaux. . . .	8
Calcin.	100
Oxide de manganèse . . .	0,20
Oxide de cobalt.	0,10

Il paraît qu'il peut être avantageux de joindre le sel marin aux fondans ordinaires pour faciliter le mélange et par suite la fusion.

Gehlen introduisit en Allemagne le sulfate de soude pour remplacer le carbonate, et depuis que l'ordonnance du 17 juillet 1826 accorde la franchise du droit sur le sel à la fabrication du sulfate de soude en France, ce sel a été généralement adopté dans nos verreries. Le but qu'on doit se proposer en l'employant est de rendre autant que possible sa décomposition par la silice prompte et facile. On y parvient en ajoutant au mélange une quantité de charbon convenable pour transformer l'acide sulfurique en acide carbonique et sulfureux. Pour chaque atome de sulfate de soude sec, il faut donc un atome de charbon ; ou bien environ pour 1,000 de sulfate de soude, 42 de charbon. Mais en y réfléchissant, on verra facilement qu'il faut augmenter cette quantité pour réparer la perte du charbon que la combustion peut occasioner pendant la durée de la première fusion ou de la fritte. En général, on triple la dose indiquée par le calcul. Ainsi, on prend, par exemple, pour avoir un beau verre à vitres ;

Sable	100 parties.
Sulfate de soude sec . . .	44
Charbon en poudre. . . .	6
Chaux éteinte	6
Rognure de verre	20 à 100

Cette recette et la première recette que

nous avons donnée procurent de bons résultats; mais tout le monde est d'accord sur ce point, que les dosages doivent varier avec l'état de l'allure des fourneaux; car l'élévation de la température, non-seulement n'est pas la même dans toutes les verreries, mais encore elle est variable dans le même fourneau de fusion. Ordinairement l'activité d'un four qui allait d'abord en croissant, baisse, par suite de l'altération des parois, au bout de quelques mois de service, et alors il faut augmenter la dose des fondans.

Façon. On façonne le verre à vitres de deux manières différentes; l'une, pratiquée long-temps dans toutes les verreries, est abandonnée en France, mais elle s'est conservée en Angleterre; l'autre, d'invention plus récente, est généralement en usage dans toutes les verreries de France.

D'après l'ancien procédé, l'ouvrier cueille au bout de la canne une petite masse de verre; il la maintient en place, tournant continuellement la canne jusqu'à ce que la masse commence à se figer; il cueille alors une nouvelle dose de verre, et ainsi de suite, tant que le bout de l'instrument n'en est pas suffisamment chargé. Dès qu'il a ainsi rassemblé la quantité de verre convenable, il présente le bout de la canne à un grand ouvreau pour ramollir le verre. Il souffle cette masse et en forme une sphère volumineuse; celle-ci, présentée de nouveau à l'ouvreau, s'y ramollit encore, et en tournant toujours, l'ouvrier aplatit le côté opposé au bout de la canne. Au milieu de la partie plate, il soude une autre canne, et coupe le col du spéroïde vers le bout de la première canne. Il suffit alors de dilater l'ouverture de ce col au moyen d'une planche qu'un aide introduit dans l'orifice et qu'il appuie contre ses parois, tandis que l'ouvrier fait tourner la pièce; il obtient de la sorte un cône tronqué semblable à une cloche à melons. Il apporte la pièce à l'ouvreau, et la chauffe fortement pour la ramollir.

La canne est alors placée horizontalement sur une barre de fer, et soumise à un mouvement de rotation très-rapide. En vertu de la force centrifuge, la cloche s'étend et s'aplatit de manière à donner une table de verre ronde et d'une épaisseur assez égale jusqu'à une certaine distance du centre.

Quand l'opération est terminée, l'ouvrier porte la feuille de verre, en ayant soin de tourner encore sur une aire plate, faite avec des cendres chaudes, et placée très-près du fourneau de recuisson. Il y dépose la feuille horizontalement, et, au moyen d'un coup léger, il la détache de la canne; un aide la reprend à l'aide d'une fourche, et la porte dans le four à recuire, où il la pose dans une situation verticale.

Les vitres ainsi préparées offrent au centre un noyau épais d'un effet désagréable. Si on les découpe pour éliminer les pontis, les vitres qu'on obtient ne peuvent jamais avoir de grandes dimensions, mais elles offrent un éclat parfait qu'on ne retrouve pas dans les vitres dues au procédé moderne, bien préférables d'ailleurs à tous les autres égards.

Voici quel est le nouveau procédé, d'un usage très-général, maintenu en France.

Lorsque le verre est affiné et écrêmé, on échauffe les cannes au petit ouvreau; l'aide prend la canne chauffée, la plonge dans le verre, en cueille une certaine quantité, la retire, la tourne afin que le liquide ne s'en sépare pas, puis reprend une plus grande quantité de matière, et passe ensuite la canne garnie de verre au souffleur. Celui-ci la pose par le bout sur une plaque en fonte, toujours en tournant; il ramasse le verre près de l'extrémité, replonge la canne dans le creuset, et cueille encore de nouvelle matière. Il place la masse de verre rouge, en la tournant toujours, dans l'eau que contient une fossette creusée dans un bloc en bois. Pendant qu'il fait tourner le verre en sens divers de ce creux, un aide verse de l'eau sur la partie du verre qui touche la canne, afin de refroidir la canne elle-même, et de rendre le verre adhérent à celle-ci.

La masse de verre refroidie est portée à l'ouvreau pour la réchauffer et ramollir l'extrémité. Lorsque l'ouvrier juge que le verre est assez mou, il le retire et recommence à le tourner dans l'eau, mais en le tournant de manière à former un sphéroïde de la grosseur convenable; il prend alors la canne, et lui fait décrire, en allant, en venant, le mouvement d'un battant de cloche. En même temps il souffle dans la canne, en saisissant l'instant où elle se trouve à-peu-près verticale; le globe s'allonge ainsi, et prend la forme d'un cylindre, autant par le propre poids du verre que par l'action du soufflage. *Voyez* la planche 90, et les détails de la façon, indiqués page 196.

La pièce de verre ne doit jamais rester en repos pendant qu'elle est encore molle, sans quoi elle s'affaisserait et se déprimerait inégalement.

Bien entendu que le souffleur porte la pièce à l'ouvreau, pour la ramollir, trois et même quatre fois, avant qu'elle ait acquis l'étendue nécessaire; dès qu'elle y est arrivée, il pose la canne sur un crochet portatif qu'un aide soutient, et introduit le cylindre dans le four, et là, il chauffe l'extrémité fermée, tout en tenant le doigt appliqué à l'autre bout de la canne. Bientôt l'air contenu dans le manchon se dilate, et, comme il ne trouve aucune issue, l'effort qu'il fait sur l'extrémité ramollie suffit pour la crever. Dès que l'ouverture est faite, on tourne vivement la pièce de manière à ce que les bords s'écartent, et qu'ainsi l'ouverture s'agrandisse; le souffleur retire ce cylindre percé du fourneau, en tournant la canne avec vitesse, lui faisant faire le mouvement de battant de cloche, mais avec précaution. Par ce moyen, le trou déjà fait s'agrandit encore, et le bout du cylindre prend une ouverture circulaire égale à son diamètre.

Le verre se solidifie promptement, et bientôt la pièce ne peut plus se gauchir; à mesure que le verre devient plus froid et ferme, l'ouvrier ralentit son travail, et dès qu'il est arrivé à une consistance qui le rend capable de se soutenir sans se déformer, il passe le pièce à un aide; celui-ci la pose sur un tréteau à deux appuis, prend une goutte d'eau avec un outil en fer, la pose sur le bout du cylindre près de la canne, et, par un coup de cet outil, appliqué sur le milieu de la canne, la pièce cassée se détache avec une cassure plus ou moins égale (1).

On coupe alors le cylindre du côté qui tenait à la canne, afin d'obtenir un manchon de la grandeur convenable; on procède ensuite à l'étendage.

On refend d'abord le cylindre dans toute sa longueur. Pour cela, on le pose sur un tréteau à deux appuis; on trace avec une goutte d'eau une ligne droite dans le sens de la longueur du cylindre, et on passe un morceau de fer rougi sur la ligne tracée par l'eau, ce qui détermine sur-le-champ la fracture du cylindre dans toute sa longueur et très-uniformément. On porte le cylindre fendu dans le four à étendre, en observant de l'introduire avec précaution à mesure qu'il s'échauffe; et, quand on voit qu'il est prêt à plier sur lui-même, l'ouvrier étendeur le porte, vers le milieu du four, sur la plaque à étendre.

Cette plaque, connue sous le nom de *lagre*, n'est autre chose qu'une feuille ordinaire de verre. C'est la première feuille de la fournée, qu'on étale sur la sole de terre, et qu'on saupoudre d'un peu de verre d'antimoine. De temps en temps on jette de la chaux dans le foyer; celle-ci se trouve entraînée par le courant d'air et s'attache en partie à la superficie du lagre. Ces deux précautions suffisent pour que la nouvelle feuille ne s'attache point à la première, et l'opération s'exécute avec facilité. Mais, au bout de douze ou vingt-quatre heures de travail, le lagre se dévitrifie, durcit et raie les vitres que l'on fait glisser sur sa surface, ce qui oblige à le remplacer.

Le cylindre, arrivé sur la plaque et suffisamment ramolli, l'étendeur affaise, à droite et à gauche, les deux côtés qui cèdent facilement. Au moyen d'un rabot en bois, emmanché, qu'on fait glisser à la surface du verre avec vitesse, on donne alors au carreau des faces très-planes, tant en dessus qu'en dessous. Le carreau de vitre ainsi terminé, on le pousse dans le four à recuire, où presque aussitôt il prend assez de consistance en se refroidissant, pour se soutenir dans la position verticale qu'on lui donne, sans s'affaisser sous son propre poids.

C'est aussi par ce dernier procédé qu'on façonne le *verre en tables* à base de potasse, ou verre de Bohême; il y a toutefois cette différence que, dans le verre à vitres, le côté le plus long de la vitre se trouve suivant l'axe du manchon qui sert à le produire, tandis que, dans le verre en tables, le plus long côté de la table provient du développement du cylindre lui-même.

Verre de Bohême. — Crown-glass. — Silicate de potasse dans lequel il n'entre que de faibles proportions de chaux ou d'alumine. Cette sorte de verre est remarquable par sa légèreté et par l'absence

(1) Les cloches qui servent à recouvrir les pendules, etc., se font de la même manière, bien entendu qu'on ne perce point le bout du cylindre, et qu'on s'attache au contraire à le rendre très-régulier et d'une épaisseur bien uniforme.

Les verres elliptiques se préparent comme les précédens; mais ils se terminent en les comprimant entre deux planches, après les avoir chauffés à l'ouvreau au point convenable pour les ramollir.

complète de coloration, quand il est fabriqué avec des matières pures. Ces deux qualités lui assignent un rang distingué pour la fabrication de tous les objets de de gobletterie. La dernière surtout, le rend seul propre à la fabrication des instrumens d'optique, dans lesquels il est utile pour achromatiser le flint-glass. La beauté de ce verre est telle, d'ailleurs, que tous les anciens auteurs l'ont confondu avec le cristal dont il diffère tant par le poids spécifique.

Voici une composition de *verre de Bohême* :

100 sable silicieux, lavé à l'acide hydrochlorique.
60 carbonate de potasse purifié pour enlever le feu.
16 carbonate de chaux bien blanc.

La fonte et le travail de ce verre ne présentent rien de particulier. Elle se fait, comme nous venons de le dire pour le verre à vitres.

Le verre de Bohême est employé depuis long-temps pour les vitres de prix, dans les grands hôtels, pour garnir les portières de voitures, recouvrir les gravures, et en général, pour tous les usages qui rendent indispensable une épaisseur de plusieurs lignes, sans coloration. Le cristal et le verre de Bohême peuvent seuls supporter un travail en tables épaisses sans que leur couleur devienne sensible.

Le verre de Bohême se fabrique à pots ouverts; on ne peut donc pas le fondre au charbon. Quelque soin qu'on prît, la fumée de ce combustible le colorerait toujours sensiblement, et en détruirait la belle limpidité. La fonte s'en fait au bois.

Ce verre fut introduit dans le commerce par les verriers de Bohême, et c'est de là qu'il tire son nom.

Crown-glass. Ce nom, qui signifie en anglais, *verre en couronnes*, désigne l'espèce de verre qu'on façonnait en Angleterre, en vitres circulaires, par l'ancien procédé. On avait d'abord cru désigner par là, dans les ateliers d'instrumens d'optique, un verre commun quelconque, dont la réunion avec le cristal, ou flint-glass, procurait les objectifs achromatiques. Mais une étude attentive a montré que le crown-glass ne peut s'obtenir qu'avec une seule composition vitreuse, lorsqu'on veut lui donner toutes les qualités exigées par les besoins de l'optique.

Le crown-glass doit en effet offrir une limpidité parfaite, être assez peu coloré pour qu'une lentille très-épaisse ne présente aucune trace sensible de coloration. Il doit être exempt de stries ou de bulles, et ne jamais offrir de nébulosités laiteuses. Enfin, il faut qu'il conserve toutes ces qualités, même quand on le travaille en masses fort épaisses.

Il n'est pas facile de réussir à coup sûr dans la fabrication du crown-glasse en grandes masses. Il est évident d'ailleurs que, pour obtenir du crown incolore, on doit se servir de potasse et non de soude; et quand même la soude donnerait un verre sans coloration, elle devrait encore être rejetée, par suite de la facilité avec laquelle le verre à base de soude se dévitrifie; ce qui rendrait tout-à-fait laiteuses les masses épaisses qui exigent un long recuit, et pourrait les remplir de nodules cristallins et opaques.

Si l'on formait un verre simple, à base de potasse, on n'aurait pas de dévitrification à craindre; mais le verre serait soluble à l'eau bouillante, et par conséquent hygrométrique, inconvénient grave; car alors le verre des lunettes se ternit sans cesse par le dépôt d'une couche de vapeur aqueuse, puis, au bout de quelques années, il se trouve dépoli.

C'est donc un verre à base de potasse, sans oxide de plomb, qui doit constituer le crown-glas.

En évitant la qualité hygrométrique par une addition de chaux, on retombe dans l'inconvénient grave aussi d'une dévitrification facile. Le verre à basse de potase et de chaux, soumis au *recuit* ou refroidissement prolongé qu'exigent les blocs épais destinés à produire les grandes lentilles, peut prendre l'aspect laiteux qui indique un commencement de cristallisation dans la masse.

Ainsi, la fabrication du crown et celle du flint-glass, verres indispensables l'un et l'autre à la confection des objectifs achromatiques, présentent tous les deux les difficultés les plus sérieuses.

La consommation du crown-glass n'est pas considérable, mais, toutefois, elle n'est pas sans importance pour Paris, en raison de la fabrication des lunettes de spectacle, des lentilles grossissantes et des instrumens d'astronomie. Depuis long-temps le crown-

glass que nous employons est tiré d'Angleterre et d'Allemagne, et, quoique nous ayons placé parmi les qualités nécessaires à cette sorte de verre l'absence totale de couleur, néanmoins ces deux pays ne nous fournissent que du crown-glass légèrement coloré. Le crown anglais est verdâtre, le crown allemand jaunâtre ; mais, dans l'un et l'autre, la teinte est assez faible pour qu'elle n'en altère pas sensiblement les propriétés.

MM. Thibeaudeau et Bontemps ont entrepris, dans la belle verrerie de Choisy, des recherches suivies sur la fabrication du crown-glass. Nul doute qu'ils ne parviennent à l'obtenir régulièrement, comme ils sont déjà parvenus à obtenir le flint-glass.

Verre à gobletterie. Ce verre peut être à base de soude ou de potasse; mais il est bien évident que le dernier sera préférable. La gobletterie en verre de Bohême est certainement plus belle, plus légère, plus blanche et plus durable que celle qu'on fait en employant la soude.

Du reste, le verre à gobletterie diffère peu ou pas du verre à vitres par ses proportions.

Ainsi, pour tous les ustensiles de chimie, on refond simplement des rognures ou des cassons de verre à vitres. A la vérité, cette refonte colore le verre, mais cette circonstance n'offre pas d'inconvénient dans cette application.

Verre à bouteilles. Ce verre est formé, comme nous l'avons vu, des substances suivantes : silice, potasse ou soude, alumine, chaux, oxide de fer et de manganèse. Ces derniers oxides colorent le verre qui doit aussi une partie de sa couleur au charbon.

La couleur du verre à bouteilles ne nuit pas à son débit; on peut donc le fabriquer à creusets ouverts, et même se servir de houille comme combustible.

Préparation. On emploie peu de soude ou de potasse dans la *composition* du verre à bouteilles; et comme les carbonates de ces bases sont d'un prix plus élevé, l'on n'emploie ordinairement dans les verreries que des cendres neuves ou de la soude de varech pour fournir leur base alcaline. D'ailleurs les autres matières sont prises dans un état d'impureté qui ne peut convenir qu'à la fabrication du verre employé pour les bouteilles à vin.

Les matières premières de la fabrication de cette espèce de verre sont des sables jaunes et ferrugineux, des résidus provenant du lessivage, des soudes brutes du commerce, des cendres lessivées qu'on nomme *charrées,* des cendres neuves, des soudes de varech et de l'argile commune calcaire. Les sables colorés sont même préférables aux sables blancs, l'oxide de fer qui les colore augmentant la dose de fondant. Ils n'exigent ni lavage ni aucune autre préparation : on en élimine cependant les corps étrangers d'un volume notable, tels que les pyrites, les cailloux, etc. Pour cela, on les fait sécher, et on les fait passer au travers d'une claie en osier.

L'argile convenable pour la composition du verre à bouteilles est jaunâtre, marneuse; c'est la terre à four qui contient de l'alumine, de la silice, du carbonate de chaux, des oxides de fer et de manganèse ; elle est peu liante, se réduit facilement en poudre quand elle est sèche, ce qui rend les mélanges plus faciles.

Les résidus du lessivage des soudes, ainsi que les cendres lessivées dites *charrées,* sont séchées, puis passées à la claie.

Les cendres neuves proviennent en général des foyers domestiques. On doit préférer celles qui résultent de la combustion du bois neuf ou du charbon de bois. On les tamise, et on les sèche avant de s'en servir.

La soude de varech est employée en poudre ; on la passe même au travers d'un tamis en toile métallique très-serrée.

Voici le dosage ordinaire de ces matières :

Sable jaune.	100 parties
Soude de varech.	30 à 40
Charrées.	160 à 770
Cendres neuves	30 à 40
Argile jaune.	80 à 100
Groisil (calcin ou verre cassé)	100

La dose du groisil n'est pas déterminée; on l'augmente pour la première et la seconde fonte quand on se sert de creusets neufs. Si l'on emploie un sable trop argileux, il faut supprimer la marne et fournir la chaux au moyen d'une addition convenable de craie ; on peut se servir de natron ou de soude brute pour remplacer la potasse et le sulfate de potasse que fournit la soude de varech ; mais, dans ce cas même, on a soin de joindre au mélange une certaine quantité de cendres neuves, afin qu'il y ait de la potasse dans le verre ; enfin, en employant la soude de varech à plus haute dose, et supprimant la charrée, la dissolution du

sable est plutôt effectuée, les fontes plus rapides, mais le *fiel de verre* devient plus abondant.

Voici les proportions des substances à introduire dans ce dernier cas :

Sable jaune	100 parties
Soude brute de varech .	200
Cendres neuves	50
Groisil ou fragmens de bouteilles.	100

Il serait curieux de comparer la résistance des bouteilles ainsi préparées avec celles qu'on obtient par l'autre procédé. Du reste, ce dernier est assez généralement suivi maintenant ; c'est celui qu'on emploie à Givors.

Ordinairement, le fourneau de fusion pour le verre à bouteilles ne contient que six creusets qui ont 92 à 96 centimètres de hauteur et le même diamètre ; leur épaisseur dans le fond est de 10 à 12 centimètres. On remplit ces vases presque jusqu'aux bords, et dès que la matière est affaissée et convertie en verre, on remet de nouvelle composition dans les pots et on pousse le feu. Les fontes sont rapides, car la plupart des compositions de verre à bouteilles fournissent peu de fiel de verre ; on n'a pas de temps à perdre pour l'affinage. La fonte dure sept à huit heures, et dès qu'elle est terminée, on ralentit le feu afin que le verre s'épaississe au point convenable pour le travail. A cet effet, on remplit le foyer d'escarbilles et de même charbon bien tassés ; on intercepte les courans d'air autant qu'on le peut, et l'on évite de toucher au feu pendant le travail du verre, afin de ne pas ranimer la combustion. Cette préparation s'appelle *faire la braise*.

Façon. Voici comment on pratique le travail du verre à bouteilles qui est fort simple : l'aide cueille la masse de verre convenable et passe la canne au souffleur ; celui-ci, en soufflant et tournant continuellement, ferme peu à peu la panse de la bouteille, qui se termine dans un moule. Pendant que la bouteille est dans le moule, l'ouvrier continue à souffler et à tourner; il relève ensuite la canne, et tenant la bouteille verticale et renversée, il enfonce le cul. On coupe alors le col ; on fixe la canne au côté opposé dans l'enfoncement, on arrondit le bord du col, et l'on place le cordon qui doit le renforcer. On ajoute ensuite, s'il y a lieu un pontis en verre sur lequel on imprime le cachet.

La canne est alors transmise à l'aide, qui la porte dans le four à recuire ; celui-ci la détache de la canne au moyen d'un léger choc.

On emploie ordinairement le charbon de terre pour faire le verre à bouteilles, et on calcule en général sur une consommation de 100 hectolitres de charbon pour obtenir 3,500 bouteilles ordinaires. Les bouteilles ordinaires, à Givors, reviennent à environ 9 fr. le 100, et se livrent sur place à 10 fr.

Usages. Le verre à bouteilles sert à confectionner les bouteilles à vin et quelques grands appareils de chimie, tels que cornues, ballons, etc. Ces usages sont bien connus; nous insisterons davantage sur les vases destinés à supporter une haute pression. Il se fait en France une si grande quantité de vins mousseux, et la fabrication des eaux gazeuses prend une telle extension, qu'on pourrait, en se livrant à la fabrication de bouteilles perfectionnées nécessaires à ce genre d'industrie, s'assurer un succès important et de longue durée. En effet, ces vases éprouvent une compression soutenue à l'intérieur, qui cause la fracture des bouteilles trop faibles ou mal recuites, ce qui occasionne une perte toujours assez grande et souvent désastreuse. On pourrait la diminuer en essayant toutes les bouteilles sous une pression double de celle qu'elles doivent supporter. D'ailleurs, il serait indispensable d'étudier la forme des bouteilles et de s'arrêter à celle qui paraîtrait la plus avantageuse, et de rendre moins inégale leur épaisseur. En outre, il faudrait aussi soumettre à des essais convenables les verres de diverses compositions, et préparer ceux qui exigeraient l'effort le plus grand pour déterminer leur rupture. Enfin, il est très-probable qu'il serait avantageux de donner au recuit des bouteilles des soins particuliers. Déjà la première de ces conditions peut facilement se réaliser, M. Collardeau ayant construit une machine à essayer les bouteilles sous une pression qu'on varie à volonté entre les limites de 1 à 40 atmosphères. Il n'est pas douteux que l'introduction de ces machines dans le commerce n'obligeât bientôt tous les fabricans de verre à bouteilles à étudier soigneusement les données qui peuvent leur permettre d'obtenir à coup sûr des vases de résistance considérable, sans augmenter leur épaisseur

d'une manière incommode, mais peut-être en répartissant plus également la matière vitreuse.

D'après les expériences faites par la commission de la Société d'Encouragement, les bouteilles à vin de Champagne ne résistent qu'autant qu'elles peuvent supporter une pression de 12 atmosphères. Mais tandis que la casse dans les celliers s'élève de 20 à 30, et quelquefois jusqu'à 60 pour 100, les bouteilles neuves qui, soumises à la machine de M. Collardeau, résistent presque toutes à 12 atmosphères, ne subissent la casse que dans la proportion de 4 à 5 pour cent. Il résulte de là que le mode de remplissage et le recuit peuvent avoir une grande influence dont il faudrait trouver moyen de tenir compte. Ce qui prouve d'ailleurs la possibilité de résoudre le problème, c'est que beaucoup de bouteilles bien fabriquées, et cependant encore inégales d'épaisseur, ont résisté dans ces épreuves à des pressions comprises entre 22 et 32 atmosphères. Au reste, la prime d'encouragement est assez forte pour tenter les fabricans et les engager à faire les essais nécessaires pour résoudre cette question; il y aurait d'ailleurs, en outre, honneur et profit pour eux à réussir.

Verre filé. On peut allonger et filer le verre très-rapidement, quand il a été ramolli, au moyen d'une roue sur laquelle le fil s'enroule.

Quand on étire un tube de verre creux, le trou se conserve, quelle que soit la finesse du fil. M. Deuchar a pris un morceau de tube de thermomètre, dont le diamètre intérieur était très-petit, et l'a tiré en fils; la roue dont il s'est servi avait trois pieds de circonférence, et comme elle faisait 500 tours par minute, on obtenait 30,000 mètres de fil par heure, en sorte que le fil était d'une finesse extrême, et que son diamètre intérieur était à peine calculable. Ce fil était creux; car étant coupé par morceaux d'un pouce et demi de longueur, et placé sur le récipient d'une machine pneumatique, un bout en-dedans, l'autre au-dehors, il laissa passer le mercure en petits filets brillans lorsqu'on fit le vide.

Le fil provenant d'un petit morceau de verre à vitres, coupé avec un diamant, présente un éclat très-grand; vu au microscope, il offrait une forme aplatie et quatre angles droits très-distincts. Il est très-probable qu'il doit à cette forme particulière la supériorité de son éclat; car les fils provenant de morceaux de verre ronds ont toujours une apparence sombre.

En réunissant du verre de diverses couleurs en un seul tube, le fil qui en provient conserve toutes les couleurs primitives, sans qu'elles se mélangent et sans qu'on y remarque d'interruption; mais la plupart se ternissent par l'opération, particulièrement le jaune, qui disparait; le noir devient quelquefois brun; le pourpre et le vert sont un peu altérés, mais le bleu résiste bien.

Les échantillons de verre filé sont presque aussi souples que de la soie, et peuvent aisément être roulés à la manière du fil commun, et employés en ornement. Au toucher, ils ressemblent aux cheveux, et, comme eux, peuvent être bouclés, et d'une manière permanente, en les roulant sur un fer chaud. Les fils provenant du verre noir ont une si grande ressemblance avec les cheveux noirs, qu'on les peut confondre. Dans le dernier siècle, on a fabriqué des perruques en fil de verre; on s'en sert quelquefois encore pour faire des aigrettes fort brillantes; enfin, on en a même tissé des toiles. La mode pourra quelque jour ressusciter ce genre d'industrie. On prétend que l'usage de ces objets de vêtement en verre offre quelque danger, des filamens détachés pouvant être entrainés par la respiration et portés dans les poumons: cela ne paraît pas probable.

Verre soluble. Simple silicate de potasse ou de soude qui réunit une parfaite solubilité dans l'eau bouillante; a quelques-unes des propriétés générales du verre ordinaire.

La découverte du verre soluble et de ses usages, ainsi que les détails que nous allons rappeler, sont dus à M. Fuchs. Ce verre, dissous dans l'eau, donne un liquide applicable aux toiles et aux bois pour les rendre incombustibles.

Préparation. Quand on chauffe ensemble du sable et du carbonate de potasse, l'acide carbonique n'est jamais entièrement chassé, à moins que le sable ne soit en proportion dominante. Mais on peut expulser tout l'acide carbonique, en ajoutant au mélange de quartz et de carbonate de potasse, de la soude de charbon en proportions convenables, et telles que l'acide carbonique, du carbonate non décomposé, trouve la dose de charbon nécessaire à sa transformation en oxide de charbon. De cette manière, la silice forme d'abord un silicate en proportions convenables, et chasse l'acide carbo-

nique ; puis, au moyen d'un bon coup de feu, le reste du carbonate de potasse est décomposé par le charbon ; l'oxide de carbone se dégage, et la potasse, devenue libre, se volatilise ou se combine avec le verre déjà formé.

Pour obtenir toujours le verre soluble de première qualité, on prend plusieurs précautions. La potasse doit être purifiée; si elle renferme beaucoup de chlorure de potassium, on n'obtient pas un produit entièrement soluble dans l'eau, et il reste un résidu gluant. En outre, le verre obtenu est efflorescent ; le sulfate de potasse ne produit point de mauvais effet, parce qu'il est décomposé par le charbon quand la fonte est suffisamment prolongée. Cette dernière condition est utile pour éviter que le verre ne renferme du sulfure de potassium qui le dispose à l'efflorescence.

Le quartz doit être pur ou du moins ne pas contenir une quantité notable de chaux ou d'alumine, parce que ces terres rendent une partie de verre insoluble, une faible proportion d'oxide de fer est sans influence.

On mêle la potasse et le quartz dans les rapports de 2 à 3, et sur 10 parties de potasse et 15 de quartz, on prend 4 parties de charbon. Il ne faut pas employer moins de charbon ni le supprimer, au contraire, quand la potasse n'est pas suffisamment pure, il est avantageux d'employer une plus grande quantité de charbon. Ce corps accélère beaucoup la fonte et éloigne tout l'acide carbonique, dont, sans lui, le verre conserve toujours une partie qui exerce une influence fâcheuse.

Du reste, on observe les mêmes précautions que pour la préparation du verre commun. Les matières doivent être d'abord bien mélangées, frittées, et ensuite fondues à un feu violent dans un creuset réfractaire, jusqu'à ce que la masse soit liquide et homogène. On enlève la matière avec une cueiller de fer, et on remplit aussitôt le creuset.

On prend 30 livres de potasse, 45 livres de sable et 3 livres de charbon en poudre pour une fonte, et le mélange doit être chauffé pendant 5 à 6 heures.

Le verre brut ainsi obtenu est ordinairement rempli de bulles, aussi dur que le verre commun, d'un noir grisâtre et plus ou moins transparent sur les bords; quelquefois il offre une nuance blanchâtre, d'autres fois elle est jaunâtre ou rougeâtre, ce qui est un indice d'une trop faible dose de charbon. Si on l'expose plusieurs semaines à l'air, il éprouve de légères variations qui, pour son application toute spéciale, sont plutôt avantageuses que nuisibles. Il attire un peu l'humidité de l'air, qui le pénètre peu à peu, sans que son agrégation et son apparence soient changées. Seulement, il se fendille, une légère efflorescence se produit à sa superficie. Si, après qu'il a éprouvé ce changement on le met au feu, il se gonfle par suite du dégagement de l'eau qu'il avait absorbée.

On le pulvérise pour hâter sa dissolution. Sur une partie de verre en poudre on ajoute à-peu-près 4 à 5 parties d'eau.

L'eau est d'abord portée à l'ébullition dans une chaudière; on y projette ensuite peu à peu le verre; il faut le remuer constamment de peur qu'il ne s'attache au fond. L'ébullition doit être continuée pendant trois ou quatre heures, jusqu'à ce qu'il ne se dissolve plus rien, et la liqueur a pris alors le degré de concentration convenable. Si, pendant que la dissolution est encore liquide, on arrête l'ébullition, on donne accès à l'air, et la potasse en attire l'acide carbonique, ce qui produit un effet très-nuisible. Par la même raison, il ne faut point prendre une trop grande quantité d'eau pour la dissolution ; car, pendant la longue concentration qui deviendrait nécessaire, l'acide carbonique de l'air se combinerait facilement à la potasse, ce qui produirait du sous-carbonate de potasse et un précipité de silice. Quand la liqueur devient trop épaisse, avant que tout ne soit dissous, il faut ajouter de l'eau chaude.

La dissolution est assez concentrée lorsqu'elle atteint une consistance sirupeuse et une densité de 1,240. On la laisse reposer pour que les parties non dissoutes puissent se déposer. Pendant le refroidissement, il se forme sur la liqueur une pellicule coriace, qui plus tard disparait d'elle-même ou se dissout quand on la plonge dans la liqueur. Cette pellicule se montre déjà pendant l'ébullition, à mesure que la liqueur approche de la concentration ; elle sert même à l'indiquer.

Quand le verre brut est composé convenablement, qu'il ne contient pas beaucoup de sels étrangers, pas de sulfure de potassium, on peut le traiter comme on vient de l'exposer. Mais s'il renferme notablement de ces substances étrangères, il faut, avant de le dissoudre, les séparer; on y parvient par

la méthode suivante : le verre bocardé est exposé à l'action de l'air pendant trois à quatre semaines, et souvent remué s'il s'agglomère trop, ce qui arrive quand l'air est humide ; il faut détruire les masses qui se forment. Le verre attire l'humidité de l'air, comme nous l'avons déjà dit, et les substances étrangères se séparent ou s'effleurissent. Alors il est facile d'en isoler le verre; on l'arrose avec de l'eau froide, et on le remue souvent. Après trois heures, on enlève la liqueur qui contient tous les sels étrangers et très-peu de silicate de potasse, et on lave la poudre avec de l'eau neuve. Le verre, traité ainsi, se dissout facilement dans l'eau bouillante, et donne une solution suffisamment pure.

Le verre soluble n'étant employé qu'à l'état liquide, on le garde dans cet état; il n'éprouve pas de changemens remarquables, même après un long espace de temps, quand la dissolution a été convenablement concentrée; cependant il ne faudrait pas laisser à l'air un trop facile accès.

On obtient un semblable produit en remplaçant la potasse par la soude ; il faut alors à-peu-près deux parties de sous-carbonate de soude cristallisé pour une partie de quartz. Ce verre se comporte de la même manière que celui à base de potasse, mais il est préférable à l'emploi. Les dissolutions de ces deux espèces de verre peuvent être mêlées dans toutes les proportions, et ce mélange rend de meilleurs services, dans quelques cas, que chacun d'eux pris séparément.

Propriétés. Le verre soluble donne une dissolution visqueuse qui, concentrée, est un peu trouble ou opaline. Il y a une réaction et un goût alcalin. La solution se mêle avec l'eau dans toutes les proportions. Quand la densité de cette solution est de 1,25, elle contient près de 28 pour 100 de verre; quand on la concentre davantage, elle devient très-visqueuse, et peut se tirer en fils comme le verre fondu. A la fin, la liqueur se prend en une masse vitreuse cassante, et dont la cassure est conchoïde ; elle ressemble beaucoup au verre ordinaire, mais n'a point autant de dureté. Quand la solution a été appliquée sur d'autres corps, elle sèche rapidement à la température de l'air, et forme un enduit analogue au vernis.

Desséché, le verre soluble n'éprouve pas de changemens remarquables à l'air; il n'en attire ni l'eau ni l'acide carbonique.

Ce verre se dissout peu à peu, sans résidu, dans l'eau bouillante; mais, dans l'eau froide, la dissolution se fait si lentement, que l'on pourrait croire qu'elle n'a pas lieu.

L'alcool le précipite, sans l'altérer, de sa solution aqueuse; quand la solution est très-concentrée, il faut peu d'alcool pour opérer la précipitation, et il n'a pas besoin d'être très-rectifié. On peut donc se servir, pour produire du verre soluble pur, d'une solution de verre impur; on la traite par l'alcool, on laisse déposer le précipité gélatineux, on soutire le liquide surnageant, on rassemble le dépôt, on le pétrit rapidement après avoir ajouté un peu d'eau froide, et on le presse. A la vérité, on éprouve quelques pertes, parce que l'eau froide dissout rapidement le verre précipité, à cause de sa grande division.

Les acides décomposent la solution aqueuse du verre; ils agissent ainsi sur le verre solide soluble, et en séparent la silice à l'état pulvérulent.

Composition. D'après M. Fuchs, le verre soluble contient, quand il a été exposé à l'air :

Silice.	62	100
Potasse.	26	
Eau.	12	

Ce qui donne pour le verre lui-même supposé sec :

Silice.	70	100
Potasse.	30	

Usages. Les propriétés du verre soluble en rendent les applications nombreuses et variées ; on s'en est servi au théâtre de Munich comme moyen préservatif contre l'incendie.

Toutes les matières végétales, les bois, les étoffes de coton, de chanvre, le papier, etc., sont, comme on sait, combustibles; mais, pour brûler, ces matières exigent le concours de deux conditions : une température élevée et le contact de l'air, qui fournit l'oxigène nécessaire à leur transformation en eau et acide carbonique. Une fois enflammées, leur combustion développe la chaleur nécessaire pour que le phénomène continue, pourvu qu'elles aient le contact de l'air ; privées de ce contact, et chauffées au rouge, elles fourniraient des produits volatils inflammables, il est vrai; mais le charbon qu'elles laissent pour résidu ne brûlerait point, puisqu'il serait

privé d'air, et dès-lors la combustion s'arrêterait d'elle-même.

Pour enduire le bois et d'autres corps, il faut employer une solution de verre soluble pur, parce que, sans cela, l'enduit serait efflorescent et se détacherait après un certain temps. Cependant une faible impureté n'a pas d'effet bien sensible, quoique après quelques jours l'enduit se recouvre d'une efflorescence pulvérulente qui ne reparaît plus quand on l'a enlevée avec de l'eau.

Quand on veut donner au bois un enduit durable, il ne faut pas au commencement employer une dissolution trop concentrée, parce que, dans cet état, elle ne le pénètre pas, n'en fait pas sortir l'air, et ne s'y attache pas solidement. Il est bon de repasser souvent le pinceau sur la même place, et de ne pas étendre trop légèrement l'enduit. Pour les cinq ou six dernières couches, il faut employer une solution plus concentrée, sans être trop épaisse, et, autant que possible, l'étendre également. Il faut que chaque couche soit bien sèche avant d'appliquer la couche suivante; dans un air sec et chaud, il faut à-peu-près vingt-quatre heures. Après deux heures, l'enduit paraît sec; mais il est dans un état tel, qu'il pourrait être ramolli par une nouvelle couche.

Quoique le verre soluble seul soit déjà très-utile comme moyen préservatif du feu, il remplit encore mieux ce but quand il est mêlé d'un autre corps incombustible en poudre.

Dans ce mélange, le verre sert principalement comme corps liant; l'enduit reçoit plus de corps, il devient plus solide et plus durable, et se coagule, par l'action du feu, en une croûte très-adhérente quand le corps ajouté a été convenablement choisi. L'argile, la craie, les os calcinés, la poudre de verre, etc., peuvent être employés pour cet objet.

Le verre de plomb, le verre soluble brut, sont d'excellentes matières additionnelles. Ce dernier doit être pulvérisé et exposé à l'air, afin qu'il s'humecte : si on le mêle à la solution de verre, et qu'on l'applique ensuite sur un corps quelconque, il donne en peu de temps une enveloppe ayant la dureté de la pierre, laquelle, si le verre est de bonne qualité, est invariable, et résiste bien au feu.

Quand on veut employer ce moyen pour préserver du feu une maison, ou une salle de spectacle, il ne suffit pas de couvrir les parties boisées, il est très-nécessaire de préserver les toiles qui sont les objets les plus dangereux pour propager l'incendie. Aucun des moyens proposés jusqu'ici ne paraît aussi avantageux que le verre soluble, car il n'agit point sur la fibre végétale, et remplit l'espace qui sépare les fils; il se fixe dans le tissu de manière à ne pas s'en séparer, et augmente la durée des toiles. La raideur qu'il donne à la toile ne nuit pas à l'usage des rideaux, parce qu'elle se laisse facilement rouler; et relativement à la peinture qu'on applique sur les toiles, le verre forme un fond solide. Mais pour empêcher les altérations que certaines couleurs pourraient éprouver par la réaction de l'alcali, comme le bleu de Prusse, les laques, etc., il faut, avant de peindre, passer une couche d'alun, et ensuite une couche de craie.

Quand on a ajouté de la litharge à la solution, à la dessination, la toile obéit au retrait de la matière, et ne peut plus s'en séparer ensuite, comme cela arrive quand le même mélange est employé pour recouvrir le bois. Une partie de litharge finement broyée est suffisante pour quatorze parties de liqueur concentrée.

Le verre soluble peut trouver beaucoup d'autres applications, principalement comme corps collant; il est, sous ce rapport, supérieur à ceux qu'on a employés jusqu'ici pour réunir des fragmens de verre et de porcelaine.

Voyez, comme complément de cet article, les mots CRISTAL, GLACES, etc.

P.

VERRE DE MONTRE, DE PENDULE. On souffle une boule en verre, et, après lui avoir donné un diamètre suffisant, on en détache, avec le diamant, des segmens qu'on arrondit circulairement, soit au tour, soit avec un compas. On rogne ensuite avec une pince tout ce qui dépasse le trait circulaire fait au diamant, et on travaille sur la meule de grès les bords en biseau régulier, qui puisse entrer dans la gorge destinée à recevoir le verre. C'est ainsi que sont fabriqués tous les verres communs. Les horlogers en ont de toutes les grandeurs, parmi lesquels ils choisissent ceux qui conviennent aux gorges des montres qu'ils veulent recouvrir.

Mais les verres des montres de luxe sont faits avec plus de soin; le goût du public pour les montres plates ne permet pas d'y

employer des verres de l'espèce dont on vient de parler, parce qu'ils seraient trop bombés. On se sert alors de *verres chevés,* ainsi qu'on désigne ceux dont nous allons parler.

Après avoir taillé les verres comme on vient de le dire, et en se servant de cristal très-limpide, on les pose sur des mandrins en fonte; ces mandrins sont de courts cylindres qui ont leur base supérieure façonnée en portion de globe très aplati; on met le tout dans un four à réverbère, où le feu est soutenu à un degré convenable pour que le verre amolli s'applique exactement sur le mandrin. On l'éloigne peu à peu du feu, et, lorsque le tout est lentement refroidi, on enlève le verre. Il faut ensuite polir avec le rouge d'Angleterre, comme pour les verres d'optique, puis en amincir et réparer les bords sur la meule.

Le travail des verres chevés en élève beaucoup le prix, qui montait jusqu'à 10, 12 francs et plus; mais la fabrication s'en est récemment améliorée, et ce prix a considérablement diminué. Ces verres ne coûtent plus que 1 ou 2 francs la pièce, et même moins encore.

VERRES OPTIQUES. (*Arts de calcul.*) Nous avons exposé aux articles Lentille, Loupe, Lunette, Microscope, les effets des verres à surfaces convexes ou concaves, pour aider les vues faibles, grossir et approcher les objets, et enfin l'art d'achromatiser ces verres, c'est-à-dire d'empêcher que les images ne soient troublées par l'irisation que produit la diffraction de la lumière. Il nous reste à expliquer comment on réussit à donner aux lentilles les formes et les propriétés désirables.

Le verre doit être choisi pur, net, bien homogène, sans coloration, à moins que l'usage qu'on en veut faire n'exige qu'il ait une couleur particulière qu'on lui donne alors spécialement (*voyez* Verres) et surtout sans *filets :* on donne ce nom à des lignes ou ondes qu'on remarque souvent dans la substance, principalement lorsqu'elle est une combinaison chimique de matières mal mélangées. Les verres dits de *flint-glass,* où l'oxide de plomb entre comme partie essentielle, sont rarement exempts de filets, qui déforment à tel point les images, qu'il est absolument impossible de s'en servir.

Comme on ne peut reconnaître si le verre a les qualités requises lorsqu'il est brut, on le polit grossièrement des deux côtés, et on l'examine avec soin. Si après cet examen une partie est jugée bonne, on rejette celle qui ne l'est pas, et on ne travaille que l'autre, en réservant les pièces de belles dimensions pour les plus grandes lunettes. C'est une des plus fortes difficultés de l'art que d'obtenir de bon flint-glass, et il est souvent arrivé qu'après un travail coûteux, on était obligé de rejeter les verres, faute d'avoir pu reconnaître d'avance leurs défauts. Aussi les objectifs achromatiques sont-ils la pièce la plus dispendieuse des lunettes, lorsqu'ils sont bien choisis et bien travaillés.

L'examen du verre poli se fait en recevant, à travers, les rayons solaires sur le papier blanc, ce qui en montre les filets et inégalités de densité. On regarde ensuite quelque objet au travers, comme une pointe de clocher, haussant et baissant le verre devant l'œil, pour voir si cet objet ne paraît pas ondoyant ou coloré : on estime assez bons les verres qui tirent au bleu ou au vert. La vue du papier blanc est une excellente épreuve. Il faut que le verre ait partout même épaisseur quand on fait cet examen.

On coupe ensuite le verre, avec le diamant, en cercles de dimensions convenables, et rejetant les parties qui ont des défauts, comme points, soufflures, etc., surtout au centre du disque. Cette taille se fait en mettant un peu de mastic sur le verre pour recevoir la pointe d'un compas dont l'autre branche porte un diamant avec lequel on trace une circonférence; ou bien on taille une plaque de fer-blanc en disque d'un diamètre convenable, et on s'en sert pour guider le diamant sur ses bords. On donne communément aux oculaires de 8 à 18 lignes : les objectifs doivent être les plus grands possible, car leur prix s'élève considérablement quand leur diamètre s'accroît. On rogne ensuite le verre au *grugeoir,* bien rondement, sur le trait de diamant, car cette forme est une condition de succès. On taille aussi des verres ovales pour les bésicles.

On monte la pièce sur la *mollette,* qu'on chauffe pour y attacher le mastic, composé de résine et de cendres; on dresse la plateforme en dessus, et on remplit le canal tout à l'entour avec de ce mastic fondu, qu'on laissera à demi refroidir pour y en ajouter de mou, autant qu'il nécessaire pour dépasser la superficie de la plate-

forme. On chauffe le mastic et le morceau de verre pour appliquer et coller l'un par l'autre. Les opticiens, qui fabriquent beaucoup de petits verres pour les bésicles, en collent même ainsi 6 à 10 sur la même mollette, et, pour que ces verres y soient placés convenablement pour le travail, ils les posent l'un à côté de l'autre sur la *forme* dont nous allons parler, et mettent ensuite la mollette par dessus en l'appuyant.

La *forme* est un petit vase en cuivre creux ou bombé sphériquement, du diamètre de la sphère, dont la surface du verre doit faire partie, selon qu'on demande un verre convexe ou concave. La forme est montée sur une petite machine appelée *tour* : c'est une table sur laquelle il y a une manivelle, et en dessous, des rouages qui donnent un rapide mouvement de rotation à un pivot vertical saillant sur lequel on monte la forme; l'ouvrier tourne la manivelle, et la forme pirouette sur cet axe.

On commence par *dégrossir* les verres en appuyant la mollette sur la forme avec la main droite, et faisant pirouetter de temps à autre la mollette; la forme est enduite de grès mouillé. On lave ensuite les verres et on emploie du grès plus fin, puis de l'émeri de grain décroissant, jusqu'à ce qu'enfin on ait attaqué toute la surface et qu'on lui ait donné la forme sphérique. Pendant ces diverses opérations, la mollette est tenue fermement et appuyée sur le bassin, et il y a un tour de main particulier que l'exercice enseigne à exécuter, pour que le verre soit *douci*, ainsi que l'on a coutume de le dire, pour désigner cet état de la surface qui est terne, mais sans sillons apparens.

On retourne ensuite les verres, et on pratique la même opération sur la surface opposée; puis on les décolle.

On nettoie le verre et on examine les surfaces pour s'assurer qu'il ne s'y rencontre aucun sillon, car il faudrait effacer ces défauts en continuant d'user le verre. Le grès, le tripoli sont mouillés, et le verre, ainsi travaillé, doit être à demi-poli en sortant de dessus la forme. Comme les formes sont des bassins en cuivre à surface sphérique, concave ou convexe, de rayons différens, on obtient ainsi des lentilles convexes ou concaves, de foyers déterminés, en opérant successivement et de la même manière sur les deux faces du verre.

Ce n'est pas à l'œil nu qu'on examine la lentille pour s'assurer qu'elle est bien *doucie*; un verre grossissant est nécessaire pour mettre en évidence les imperfections qui rendraient les objets troubles, voilés ou indistincts. On lavera le verre pour lui donner enfin le *poli*.

Cette opération du *poli* ne se fait plus au tour, mais à la main, en n'employant que de la terre ou pierre pourrie, du rouge d'Angleterre ou de la potée d'étain mouillée, appliquée sur la forme avec un pinceau. Cette forme est tenue solidement debout sur une table, et l'ouvrier promène la mollette en l'y appuyant fortement et la faisant tourner sur son axe. Les plus petites aspérités du verre disparaissent peu à peu, et la surface devient brillante, et réfléchit vivement la lumière. Les lentilles sont alors terminées; seulement on en use le contour sur une meule de grès, pour les ajuster aux montures et aux gorges préparées pour les recevoir, en évitant que les grains de grès ne raient la surface.

Quoique nous ayons désigné par le mot de *lentilles* toutes les espèces de verre ainsi travaillées, cependant ce nom ne se donne qu'aux verres convexes; mais la fabrication de tous les verres optiques étant la même, ce terme générique nous a paru nécessaire à employer dans nos descriptions.

Il y a des verres bi-convexes, bi-concaves, plans-convexes, plans-concaves, et *ménisques* (c'est-à-dire convexes d'un côté et concaves de l'autre); on en fait aussi en cristal de roche et autres substances transparentes, mais la fabrication de tous ces verres est la même.

M. Chamblant, ayant remarqué que les bésicles ne transmettent une image fidèle des objets, quand leurs verres sont sphériques, qu'autant que les rayons de lumière passent au centre, ce qui exige une fatigue des muscles moteurs des yeux pour satisfaire à cette condition; qu'en outre, les bassins, en se déformant par l'usage, ne produisent que des surfaces imparfaitement sphériques, ou du moins que les centres des deux sphères ne sont pas exactement dans l'axe du verre, ce qui rend encore le travail de l'œil plus pénible, a imaginé de faire des verres cylindriques. Le grossissement est le même sur toute la longueur d'un cylindre. Ainsi, les objets qu'on regarde à travers ne sont plus assujettis à être vus dans une direction particulière. M. Chamblant a reconnu que des verres cylindriques offrent autant de centres qu'il

y a de points dans l'axe du cylindre, et il corrige l'anamorphose qui en résulte par une autre portion de cylindre qui croise l'axe du premier à angle droit. Ainsi, ses verres sont travaillés cylindriquement sur leurs deux faces, et les génératrices de l'un des cylindres sont perpendiculaires à celles de l'autre; de sorte que les axes sont, horizontal pour celui qui est du côté de l'œil, et vertical pour celui qui est tourné vers les objets. On travaille ces verres sur des formes cylindriques, ce qui présente de grandes difficultés, et rend ces produits assez coûteux. C'est probablement la raison qui fait que cette invention a eu peu de succès, quoiqu'elle fût digne d'être mieux appréciée. Fr.

VERS A SOIE. (*Économie rurale.*) C'est en Chine que ces précieux insectes ont été d'abord un objet d'industrie, 2700 ans avant notre ère. De cette contrée, l'art de les élever a passé dans les Indes et en Perse. Ce n'est qu'au commencement du sixième siècle que deux religieux apportèrent à Constantinople des œufs de vers à soie, et publièrent des notions sur l'éducation des chenilles. Cette importation acquit bientôt de l'importance sous l'empereur Justinien, et fut l'origine de nouvelles richesses. De la Grèce et du Péloponèse, cette industrie se répandit en Sicile et en Italie. Ce n'est qu'après le règne de Charles VIII que des gentilshommes qui avaient coopéré à la conquête du royaume de Naples, rapportèrent en Dauphiné le mûrier blanc et la précieuse chenille qui se nourrit des feuilles de cet arbre. Les succès furent lents à se réaliser, et, en 1564, Traucat, simple jardinier de Nîmes, jeta les premiers fondemens d'une pépinière de mûriers blancs qui, en peu d'années, couvrirent nos provinces méridionales; car l'éducation des vers à soie ne peut prospérer que par le secours d'une autre industrie qui en est indépendante, la culture du mûrier, et qui cependant ne peut s'établir que dans les lieux où cet arbre peut être utile, c'est-à-dire ceux où l'on élève des vers.

Pour ne pas donner à cet article une étendue trop considérable, car le sujet est riche en détails, nous nous bornerons à exposer les points principaux, renvoyant, pour le reste, aux articles de notre Dictionnaire, qui s'y lient, et aux ouvrages de Sauvages, Rozier, Dandolo, Nysten, et au Dictionnaire d'Agriculture.

Comme tous les insectes, celui dont nous nous occupons offre quatre métamorphoses: il est d'abord sous l'état *d'œuf;* les chaleurs printanières le font éclore sous la forme d'une *chenille* qui grossit peu à peu, et change trois ou quatre fois de peau, selon les variétés. Cette chenille, au bout de 25 à 30 jours, parvenu à sa grosseur, cesse de manger jusqu'à la fin de sa vie, et se vide de ses excrémens; elle se file un cocon dans lequel elle s'enferme, et se met à l'abri de ses ennemis et des impressions extérieures, pour se convertir en une *chrysalide* ou *nymphe;* sorte de mort apparente, pendant laquelle l'insecte est comme emmaillotté pendant 15 à 20 jours, et privé de locomotion. Enfin il brise ses enveloppes, et apparait au dehors, armé de quatre ailes, d'antennes et de pattes; le mâle recherche sa femelle, s'accouple avec elle, et, véritable *papillon*, appelé *bombyx mori*, la mort termine bientôt sa courte existence (moins de deux mois). Nous nous abstiendrons de décrire la forme des parties de cet animal: ce sujet est plutôt du ressort des traités d'histoire naturelle. Dans un livre consacré à l'industrie, nous devons nous borner aux détails d'éducation et d'économie rurale.

Les œufs ou *graines* de vers à soie sont revêtus d'une liqueur, qui les colle à l'étoffe ou au papier sur lesquels la mère les a déposés. On peut les décoller en les plongeant dans l'eau fraiche, et ensuite on les laisse sécher. Il faut les conserver dans un lieu sec, dont la température soit de 10 à 12 degrés. Lorsque les chaleurs commencent à se faire sentir, en avril, il est bon de ne pas y exposer les œufs, qui écloraient avant que les premières pousses du mûrier aient pu fournir la nourriture aux jeunes vers. On retarde donc ce moment, d'autant plus qu'il est convenable de faire éclore à-peu-près tous les œufs ensemble, ou du moins par couvées proportionnées à l'importance de l'exploitation. On réunit les œufs en nouets aplatis, d'une once (31 grammes) ou un peu plus, que des femmes suspendent à leur ceinture, et placent sous le chevet de leur lit; on visite ces nouets de temps à autre, ou bien on les tient à l'étuve dont on élève peu à peu la chaleur jusqu'à 24 degrés, et qu'on maintient à ce terme. Le travail de la nature dure 8 à 10 jours, et le ver éclot.

Alors on étend sur la graine une feuille

de papier criblée de trous qui ont 2mm (1 ligne) de largeur, à travers lesquels les jeunes vers passent pour trouver les feuilles de mûrier qu'on y a placées. On porte avec soin ces feuilles chargées de vers sur un clayon garni au fond de papier gris. Cette levée se renouvelle deux fois le jour, et il faut que toute la graine soit éclose après deux ou trois fois 24 heures.

L'atelier où l'on élève les vers est appelé *magnanière*, édifice aéré, à l'abri de l'humidité, du froid et de trop de chaleur, des rats et autres animaux nuisibles. Pour 20 onces de graines (6 hectogr.), la salle doit avoir 10 mètres sur 25 (30 pieds sur 76), ayant des cheminées pour chauffer et ventiler. Des châssis vitrés ferment les fenêtres. La température ne doit pas descendre plus bas que 15 degrés : on peut l'élever jusqu'au 26e et plus encore ; mais 16 à 24 degrés est la température ordinaire. Il faut qu'un courant d'air purge l'atmosphère des émanations fétides des chenilles, de leurs excrémens et de la détérioration que les feuilles éprouvent. La lumière ne leur est nullement défavorable, ainsi que l'ont pensé plusieurs personnes, et doit même être considérée comme avantageuse sous divers rapports.

L'échafaudage des tablettes sur lesquelles on nourrit les vers à soie, se compose d'autant de paires de montans, liés par des traverses, que l'espace le comporte ; on les écarte de 2 en 2 mètres (6 pieds). On fixe ces montans dans le carrelage et au plafond, et on y attache les traverses, sur lesquelles on pose des planches ou des nattes de roseaux. Le premier étage est à 18 pouces (5 décimètres) au-dessus du sol ; 15 pouces (4 décimètres) d'espace suffisent entre les autres étages ; on atteint aux supérieurs avec des marchepieds. Il faut aussi une infirmerie, où l'on transporte les vers malades.

Quelques clayons suffisent quand les vers sont jeunes ; à mesure qu'ils grandissent, on leur donne plus d'espace et plus de nourriture, en les empêchant de trop s'amasser ensemble. L'abondance des feuilles est proportionnée à l'âge, et on doit en donner davantage, lorsqu'on remarque que les vers ne laissent presque que les côtes. Il faut couper et même hacher les feuilles dans le premier âge ; la litière est alors si peu épaisse qu'on la laisse sous les vers ; on la sépare ensuite avec délicatesse, pour leur donner plus d'espace sur les nouveaux clayons, sans cependant les laisser trop écartés. Avant chaque mue, l'appétit des vers est plus vif, puis il s'arrête tout-à-coup ; les vers tombent en langueur, mais ils se raniment après avoir quitté leur peau.

On supprime peu à peu les feuilles de papier du fond des clayons, pour laisser passer l'air par les interstices des éclisses. Les vers sont devenus assez forts pour qu'ils ne puissent y tomber. Après la seconde mue, ils sont longs de 6 lignes ; on les transporte alors dans le grand atelier ; on les débarrasse de la litière qu'ils quittent pour se jeter sur les feuilles fraîches. On donne quatre fois des feuilles par jour, de 6 en 6 heures ; on coupe ces feuilles en plus grands morceaux que précédemment.

Pour *déliter*, on étend un réseau ou filet sur les tables ; on le couvre de feuilles ; les vers y montent ; on enlève ensuite le filet, on ôte la litière, et les vers malades ou paresseux ; enfin, on rabaisse le filet sur les tablettes ; ou bien, une demi-heure après que la feuille est servie, on enlève ces feuilles avec les vers qui y sont montés, et on les place sur la tablette voisine, qui a d'abord été vidée et nettoyée, et ainsi de proche en proche. Il faut sortir la litière de l'atelier, et tenir les lieux propres et secs. Après la troisième mue, on sert les feuilles entières. Les vers ont alors une extrême voracité, et il faut satisfaire leur appétit avec abondance. Après la quatrième mue, cette observation est encore plus vraie et plus urgente. Alors il ne faut pas élever la chaleur au-dessus de 16 à 17 degrés.

Dans toutes les phases de leur existence, les vers sont sujets à diverses maladies, nommées le *rouge*, le *brûlé*, le *gras*, les *harpions*, la *clairette* ou *luzette*, la *muscardine*, la *jaunisse*. Ce ne peut être le lieu de donner ici les recettes des magnaniers contre ces affections souvent épidémiques ; il faudra recourir aux traités spéciaux.

Le ver, parvenu à son cinquième âge, cesse de manger, se vide de ses excrémens, perd de son volume, prend une sorte de translucidité, abandonne les feuilles, cherche à grimper sur les montans et à se cacher dans un lieu isolé ; c'est alors qu'il veut filer son cocon. On lui donne des rameaux de bruyère, de genêt, de petit chêne vert, d'alaterne, etc., qu'on dispose sur les tables et en forme d'allées, de 18 pouces de large, confondant en haut leurs branches. Les vers de deux tables sont réunis sur une

seule, et toute la litière doit être enlevée. Des cornets de papier, des copeaux de menuisier, des touffes de chiendent sont disposés pour les vers plus diligens, et plus tard pour les plus paresseux. Le ver se met à construire son cocon, en étendant ses fils en différens sens : ce n'est d'abord qu'une soie grossière ; mais elle devient plus régulière et plus fine, et la chenille en forme une sorte d'œuf, en contournant ses fils en zig-zag, et couches par couches, tout autour d'elle.

La matière de la soie est liquide dans le corps du ver, mais elle se durcit à l'air, et le gluten qui l'enduit colle les fibres les unes sur les autres. On peut même extraire du corps de l'animal cette substance en masse, et en former un tissu transparent, du gros fil insoluble, etc. Trois ou quatre jours suffisent à la fabrication du cocon. On doit *déramer* peu après, c'est-à-dire ôter les cocons de la bruyère. On treille pour séparer les plus beaux cocons qu'on réserve pour graine. A l'époque naturelle (après 18 à 20 jours), le papillon se développe, perce son cocon en heurtant de sa tête avec violence contre le tissu d'une extrémité qu'il a humectée, et dont il écarte les fibres avec ses pattes. On recueille ces papillons, et on les place sur une étamine usée où se fait l'accouplement et la ponte.

Quant aux cocons qui doivent être défilés, il faut ne pas attendre plus de 10 à 12 jours pour les étouffer ; car si on laissait à la chrysalide le temps d'éclore, son cocon serait percé et n'aurait plus de valeur ; c'est ce qu'on fait en les exposant pendant cinq jours aux ardeurs du soleil, ou en les mettant au four chaud, ou dans la vapeur d'eau bouillante, ou dans une étuve. La chaleur de 75 degrés, soutenue pendant une demi-heure, suffit pour tuer les chrysalides. On assure que le même effet est produit en les exposant à la vapeur de l'essence de thérébentine.

La soie est ordinairement jaune, quelquefois blanche ou même vert-pomme. La blanche, qui provient d'une variété de ver de la Chine est préférée, parce qu'elle n'a pas besoin de subir l'opération du DÉCREUSAGE pour la décolorer. On chauffe de l'eau dans une bassine, on y plonge les cocons pour dissoudre la gomme qui colle les fils les uns aux autres. On agite les cocons avec une botte de verges qui arrache la bourre et fait trouver le maître brin, qu'on dévide ensuite sur un asple à quatre ailes. *V.* SOIE, MOULINAGE, MAGNANIER, BLANCHIMENT DE LA SOIE, FILOSELLE, FILATURE, etc.

On a trouvé, par expérience, que 15 de feuilles de mûrier donne 1 de cocons, en poids, et que 100^{kil} de cocons donnent 8^{kil} de soie filée, quand l'opération est bien conduite. Une once de graines produit 80 livres de cocons, et même plus (30 grammes produisent 40 kilogrammes.) Enfin il faut une livre de cocons pour rendre une once de graine (4 hectogrammes pour 30 grammes).

La soie d'un cocon pèse 1 $\frac{1}{3}$ décigramme (2 grains $\frac{1}{2}$); son fil est long de 230 à 360 mètres (700 à 1100 pieds), ce qui donne une idée de son extrême ténuité. Ces fils ont cependant beaucoup de force, surtout quand on en réunit plusieurs ensemble. FR.

VERT DE CHROME. *V.* l'article CHROME et le Mémoire de M. Lassaigne, *Annales de chimie*, T. XIV, p. 301. P.

VERT-DE-GRIS. (*Technologie.*) Le *vert-de-gris* est un sous-acétate de cuivre formé par l'acide acétique, dans les proportions, suivant *Vauquelin*, de 46,5 d'acide acétique, 40 d'oxide de cuivre et 10 d'eau. Il est en masses et amorphes d'un vert particulier, d'une saveur âpre, métallique, insupportable. Le vert-de-gris se préparait autrefois en très-grande quantité à Montpellier et dans le département de l'Hérault, mais aujourd'hui on le prépare dans plusieurs autres vignobles. Pour cela, on dispose des lames de cuivre rouge de rosette de cinq à six pouces de long, sur quatre de large, qu'on écrouit un peu en le battant avec le marteau sur une enclume ; d'un autre côté, on a une provision de marc de vendange qui a pris un commencement d'acidité, et qu'on conserve dans des futailles bien bouchées, afin de la soustraire au contact de l'air.

On étend sur le fond des caisses une couche de marc d'un pouce d'épais, puis une couche de plaques de cuivre, l'une à côté de l'autre ; par dessus, une autre couche de marc, puis des plaques de cuivre, et successivement de même jusqu'à ce que la caisse soit pleine. On termine par une couche épaisse de marc. On fait chauffer les plaques de cuivre dans un chauffoir fait exprès avant de les placer dans les caisses ; elles doivent avoir acquis une chaleur de 30 degrés Réaumur, au moins, au moment où on les place. On fait cette opération dans la

cave même, qui doit avoir un peu d'humidité, et conserver constamment une température de 10 à 12 degrés, et où la lumière ne soit pas trop vive.

Au bout de huit jours, on vérifie à quel point en est l'opération. Si le marc a blanchi, on en conclut que l'opération est terminée; dans le cas contraire on attend encore quelques jours, qui vont quelquefois jusqu'à 18 ou 20. On tire de temps en temps une plaque de dessous le marc; si l'on y remarque des taches blanches, elles sont un signe de détérioration, et l'on s'empresse de vider les caisses, en séparant les plaques de cuivre qui sont couvertes d'une légère couche de *verdet*.

On met toutes les plaques, ainsi couvertes d'une couche verte, debout, dans une corbeille d'osier; on les porte dans une espèce d'étuve qu'on nomme *coutidou*, et on les laisse au *relai;* on les mouille légèrement avec de l'eau pure, soit en les passant vivement dans un plat plein d'eau, soit en les aspergeant avec un balai qu'on trempe dans cette eau. Le verdet, qui n'était d'abord qu'une poussière légère, se gonfle et acquiert une épaisseur de deux lignes au plus. Alors on le râcle sur une table destinée à cela, on le met dans une auge en forme de pétrin, on l'ensache, on le fait sécher entièrement, et on le livre au commerce.

Les sacs dans lesquels on le met sont en peau blanche; on les remplit entièrement, et on coud l'ouverture. On place ensuite ces sacs debout sur des planches qu'on expose à l'ardeur du soleil jusqu'à ce qu'il soit suffisamment desséché. On les enferme tous les soirs après le coucher du soleil, et l'on ne les sort que lorsque le soleil brille sur l'horizon; on ne les laisse jamais exposés à la pluie.

Au fur et à mesure que le verdet se dessèche, il occupe une moins grande place dans le sac; mais, afin que la peau soit toujours tendue, on enfonce dans les deux bouts un morceau de bois rond par le bout et cylindrique qui fait tendre cette peau sur les surfaces extérieures.

En dissolvant le verdet dans le vinaigre distillé, et faisant évaporer jusqu'à pellicule, selon les règles de l'art, on obtient des cristaux d'un vert particulier, et l'on désigne ce nouveau produit sous la dénomination d'*acétate de cuivre cristallisé*, vulgairement désigné sous les noms de *cristaux de Vénus*, ou de *vert-de-gris distillé*.

Si nous eussions eu l'intention de faire un ouvrage spécial sur cette matière, nous serions entrés dans tous les détails de cette double fabrication; mais notre cadre ne nous le permettait pas. Le lecteur peut consulter notre *Manuel du fabricant de verdet ou vert-de-gris*, et *du fabricant de verdet cristallisé* (*acétate de cuivre cristallisé*), imprimé en 1813, in-8° de 162 pages.

Le verdet est souvent falsifié; nous l'avions annoncé dans notre *Manuel* et nous n'avions pas voulu indiquer les moyens que les fabricans peu délicats emploient pour cette fraude. Nous allons le faire connaître aujourd'hui en indiquant des moyens faciles pour ne pas être trompé. Lorsque le verdet est déposé en vert dans l'auge et avant de l'arracher, ils y saupoudrent dessus, à l'aide d'un tamis de soie, du plâtre en poudre, et pendant que l'un verse le plâtre, un autre remue la masse avec une pelle de bois, afin de bien mêler le plâtre également partout. Alors on s'empresse de remplir les sacs. Le plâtre absorbe bientôt l'humidité, et le sac n'est presque pas teint en vert, tandis que, quand la fraude n'existe pas, le sac est tout vert en-dehors. Cette circonstance doit d'abord éveiller le soupçon. Pour s'en assurer, on pèse exactement quatre gros du verdet qu'on soupçonne, on le fait dissoudre dans six gros de bon vinaigre; s'il est pur, il s'y dissoudra à-peu-près en entier : s'il n'est pas pur, il se formera un dépôt, lequel, lavé et desséché, pèsera quelquefois un gros, car il y a des fabricans infidèles qui introduisent jusqu'à 25 pour 100 de plâtre dans leur verdet, sans qu'on puisse le distinguer à la vue. Il est ensuite très-aisé, par les réactifs chimiques, de connaître la nature de ce dépôt. L.

VERT DE SCHÉELE. On désigne sous ce nom une matière colorante contenant de l'arsenite de cuivre. Voici le procédé de *Schéele*, à qui l'on attribue la découverte de cette couleur.

On fait dissoudre 2 livres de sulfate de cuivre dans 11 pintes d'eau pure; la solution doit se faire à chaud, dans une chaudière en cuivre; on met fondre séparément dans une suffisante quantité d'eau pure, et à l'aide de la chaleur, 2 livres de potasse blanche et 11 onces d'arsenic blanc (acide arsénieux) pulvérisé. Quand tout est dissous, on filtre la liqueur et on la reçuit dans un autre vase.

On verse dans la solution arsénicale la

solution encore chaude de sulfate de cuivre; on observe d'en mettre peu à la fois, et on remue continuellement. Le mélange étant fait, on le laisse déposer pendant quelques heures, et la couleur se précipite. On décante alors le liquide clair; on jette sur le résidu quelques pintes d'eau chaude, on remue bien, on laisse déposer, puis on décante. Ayant ainsi lavé trois ou quatre fois le précipité, on le met égoutter sur une toile.

Lorsqu'il a la consistance convenable, on le divise en trochisques, et on le fait sécher sur du papier non collé.

Les quantités indiquées doivent produire 2 livres 6 onces de couleur sèche.

Dans ce procédé, on n'est pas assuré d'obtenir toujours la même nuance, parce que la potasse du commerce ne contient pas toujours la même proportion d'alcali. Il y aura donc ou excès soit de sulfate de cuivre, soit de potasse, soit d'arsenic.

Pour obtenir des résultats plus certains et ne rien perdre, quelles que soient les matières employées, il faut d'abord mélanger l'acide *arsénieux* avec le sulfate de cuivre dans l'eau.

Pour cela, on réduit en poudre fine l'arsenic (1), et on le fait fondre dans une suffisante quantité d'eau; lorsque la solution est opérée; on la mêle avec le sulfate de cuivre : on peut ainsi mêler une partie d'arsenic avec dix de sulfate, sans qu'il se fasse de précipité.

On fait dissoudre en même temps du carbonate de soude ou du carbonate de potasse; on prend ensuite, dans un verre, une petite portion de cette solution de cuivre arséniquée, et on le précipite complètement par l'un ou l'autre des deux alcalis. On voit par le résultat si la nuance de couleur est telle qu'on la désire. Si on la trouve trop jaune (ce qui aurait lieu avec la proportion de plus de 10 pour 100 d'arsenic indiquée par Schéele), on ajoute une nouvelle dose de solution de sulfate de cuivre.

En employant de l'alcali caustique, la couleur devient très-intense et très-dure en séchant (2). En effet, on a quelquefois besoin que cette couleur ait la plus grande intensité possible. Le vert de Schéele est surtout employé dans la peinture à l'huile et dans la coloration des papiers peints; on s'en est quelquefois servi pour colorer des bonbons. Cette application dangereuse fut, il y a quelques années, décélée par les soins du Conseil de salubrité et interdite aux confiseurs.

Le vert de Schéele, chauffé, répand une odeur d'ail; calciné dans un tube, il laisse du charbon, de l'arsenic et du cuivre métallique.

VERT DE SCHWEINFURT. On trouve dans le commerce un vert de cuivre extrêmement brillant que l'on vend sous le nom de *vert de Vienne*, *vert de Brunswick*, ou *vert de Schweinfurt*; c'est un mélange d'arsenite et d'acétate de cuivre.

M. Broconnot, d'après l'analyse de cette couleur, est parvenu à la préparer de la manière suivante :

On fait dissoudre dans une petite quantité d'eau chaude six parties de sulfate de cuivre; d'une autre part, on fait bouillir dans l'eau six parties d'oxide blanc d'arsenic et une partie de potasse du commerce; on mêle peu à peu cette solution avec la première, en agitant continuellement, jusqu'à ce que l'effervescence ait entièrement cessé. Il se forme aussitôt un précipité jaune, verdâtre, sale, fort abondant; on ajoute environ trois parties d'acide acétique, de façon à ce qu'il y en ait un léger excès sensible à l'odorat.

Peu à peu le précipité diminue de volume, et, dans l'espace de quelques heures, il se dépose spontanément au fond du liquide, qui se décolore, une poudre d'une contexture légèrement cristalline, et d'un très-beau vert; on décante la liqueur surnageante, et on lave avec soin le précipité.

Le docteur Liebig a publié un autre procédé qui donne un résultat semblable.

On dissout à chaud, dans une chaudière de cuivre, une partie de vert-de-gris dans une suffisante quantité de vinaigre distillé, et l'on ajoute une solution aqueuse d'une partie d'oxide blanc d'arsenic. Il se forme, par le mélange de ces liquides, un précipité d'un vert sale, qu'il est nécessaire, pour la beauté de la couleur, de faire disparaître.

(1) Comme l'arsenic est un poison des plus dangereux, il faut avoir la précaution de le broyer dans l'eau ou en vases clos, pour ne pas s'exposer à en respirer la poussière. On trouve d'ailleurs cette substance toute pulvérisée dans le commerce.

(2) Ainsi préparé, le verre de *Schéele* est vitreux dans sa cassure et très-dur à broyer; mais si on le met tremper dans l'eau, et qu'ensuite on le fasse sécher à l'air, il se fendille à petits morceaux, et la trituration en devient plus facile.

Pour cet effet, on ajoute une nouvelle quantité de vinaigre, jusqu'à ce que le précipité soit redissous; on fait bouillir le mélange; il s'y forme, après quelque temps, un précipité cristallin grenu, d'un vert de la plus grande beauté, que l'on sépare du liquide, qu'on lave avec soin, et qu'on fait sécher.

Si la liqueur surnageante contient encore un peu de cuivre, on y ajoute de l'acétate de cuivre; si enfin elle contient un excès d'acide acétique, on s'en sert pour dissoudre de nouveau du vert-de-gris.

Au lieu de dissoudre du vert-de-gris dans du vinaigre, on pourrait se servir du VERDET *cristallisé* qu'on ferait dissoudre dans l'eau.

La *couleur*, ainsi préparée, offre une nuance bleuâtre; si on la voulait plus jaunâtre, il faudrait augmenter la proportion d'arsenic. On peut aussi désirer qu'elle soit d'un ton plus intense; pour produire ce changement, il suffit de dissoudre une livre de potasse du commerce dans une suffisante quantité d'eau, d'y ajouter dix livres de la couleur obtenue par le procédé ci-dessus, et de chauffer le tout à un feu modéré; bientôt on voit la couleur se foncer et prendre la nuance voulue. Si l'on fait bouillir trop long-temps, elle se rapproche du vert de *Schéele*, mais elle le surpasse toujours en éclat et en beauté. Le liquide alcalin qui reste après l'opération peut servir à la préparation du vert de *Schéele*.

VERT DE VESSIE. On nomme ainsi cette couleur parce qu'elle est contenue dans des vessies. Pour la préparer, on mêle 3 kilogrammes (6 livres) de suc de baies de nerprun mûres, avec 750 grammes (1 livre 6 onces) d'eau de chaux, et 96 grammes (3 onces) de gomme arabique. On fait évaporer ce mélange en consistance d'extrait, puis on le renferme alors dans des vessies que l'on suspend à l'air, afin que la dessiccation de la matière colorante s'achève. Ce produit est employé dans les peintures à l'eau. P.

VIDANGEUR. Au mot GADOUARD, qui est le nom technique que l'on donne au vidangeur, nous avons décrit cet art. Nous ajouterons seulement ici que l'on cherchait depuis long-temps les moyens de transporter les matières sans odeur, mais qu'on semblait encore loin d'avoir atteint ce but. On a substitué aujourd'hui aux tinettes qu'on employait en grand nombre et qu'on chargeait sur des charrettes, de très-longues futailles dont une seule forme la charge de la voiture. Ce nouveau mode nous a paru pour le moins aussi mauvais que l'ancien.

L.

VIELLE. (*Arts physiques*), instrument de musique à cordes et clavier, qui était autrefois d'un usage très-répandu, mais qui n'est plus guère joué que par les musiciens des rues. Il n'a ordinairement que deux cordes, l'une nommée *bourdon*, qui ne rend qu'un seul son servant d'accompagnement aux airs qu'on joue sur l'autre, en l'accourcissant à différens degrés, non pas en y posant les doigts comme sur un violon, mais en l'attaquant avec les touches d'un CLAVIER.

Ce clavier est composé de treize touches ou *marches* noires et de dix blanches; son étendue ordinaire est de deux octaves, d'un sol grave à un sol aigu. L'instrument s'accorde en *ut* et en *sol*, les deux seuls tons auxquels il puisse se prêter. Chaque marche du clavier de la vielle a deux petits morceaux de bois perpendiculaires ou *touches*, qui en effet touchent deux cordes à la fois qui sont tendues à l'unisson; ce sont les *chanterelles*. Quelquefois on n'en met qu'une seule, car l'autre n'est destinée qu'à renforcer le son.

Ces touches sont pressées en dessous du clavier par les doigts de la main gauche; quand la pression cesse, elles s'éloignent d'elles-mêmes des cordes et retombent; ce clavier dans son entier ressemble à une petite caisse élevée sur la table de l'instrument, et c'est dans cette caisse que sont logées les branches des marches et leurs touches. Un couvercle la couvre lorsqu'on veut cacher le clavier.

L'archet est une petite roue pleine, dont la surface est frottée de colophane, et qu'on fait tourner de la main droite avec une manivelle. Les saccades qu'on donne par des coups de poignet forment des *détachés* qui donnent aux notes de l'air qu'on joue une sorte de sécheresse et de dureté. La même roue, en frottant aussi sur un ou deux bourdons (à l'unisson), fait entendre cette espèce d'accompagnement monotone qu'on préfère souvent supprimer en ôtant les bourdons. La roue est située dans la partie concave de la caisse, et sort un peu au dehors.

Il y a deux chevilles à un bout de la vielle pour tendre les chanterelles, avec un chevalet près de la roue; il y a aussi deux autres chevalets de côté pour limiter la longueur des bourdons. L'instrument, qui a la forme d'une guitare ou celle d'un luth, mais allongé et privé de son manche, a une *ouie* pratiquée à l'extrémité inférieure.

Il y a des vielles qui ont jusqu'à trois cordes doubles de bourdons sous les noms de *trompette*, *mouche* et *bourdon* : elles sont filées en laiton. Les chanterelles résonnent le *sol*, et les autres cordes la quinte *re*, *ut* et *sol*. Mais lorsqu'on ne supprime pas ces dernières, on préfère un seul bourdon qui rend *ut* grave. Les chevilles des bourdons sont situées à l'autre bout de l'instrument.

Quoiqu'il y ait des artistes assez habiles pour jouer fort agréablement de la vielle, cet instrument a un son maigre et des ressources si peu étendues qu'il n'est guère en usage aujourd'hui. On le suspend au cou par un cordon, qui le descend au niveau de la ceinture, pour donner aux deux mains la facilité d'attaquer l'une la manivelle, l'autre le clavier. Sa forme générale est celle d'un cône tronqué allongé. Fr.

VIF ARGENT. *Voyez* Mercure.

VIGNE. (*Vitis vinifera*, de la famille des vinifères, Linnée.) Cette plante est originaire des forêts de l'Asie-Mineure; les Phéniciens l'apportèrent en Italie, puis à Marseille, d'où sa culture se répandit dans les Gaules. L'empereur Julien dit, dans son *Misopogon*, écrit en l'année 360, qu'il cultivait de fort bon vin, dans sa chère Lutèce, qui était alors renfermée dans l'île de la Cité.

Les feuilles et les jeunes pousses de la vigne ont une saveur aigrelette qui les rend agréables à la plupart des animaux herbivores; aussi les leur donne-t-on à manger lorsqu'on épampre la vigne. Les propriétés antiophthalmiques et diurétiques que l'on attribuait à la sève de la vigne déterminaient beaucoup de gens des campagnes à la recueillir lorsqu'elle monte avec force au printemps et s'écoule par les sections faites aux branches. On a depuis reconnu que ces propriétés n'existent réellement pas.

La vigne est cultivée basse dans les pays froids et tempérés; dans les pays chauds, on la laisse s'élever jusqu'au sommet des plus grands arbres; elle ne donne pas de bons fruits ni dans les climats très-chauds des tropiques, ni dans les zones froides ou glacées, c'est-à-dire au delà du 25e deg. lat. méridionale et du 52e nord. La France, l'Espagne, le Portugal, l'Italie, la Stirie, l'Autriche, la Carinthie, la Hongrie, la Transylvanie et la Grèce, renferment les meilleurs vignobles de l'Europe. En dehors de cette partie du monde, on ne peut guère citer que Chypre, Madère, les Canaries, les Açores et le cap de Bonne-Espérance.

De toutes ces contrées, la France est celle qui produit les vins les plus variés et les plus fins; 800,000 hectares de terre y sont cultivés en vigne, dont le raisin, converti en vin, produit un revenu annuel de 761,270,000 fr. C'est un des produits spéciaux dont la valeur pourrait s'accroître en servant d'échange avec les produits des autres nations.

Comme la plupart des bonnes plantes, la vigne a donné, par la culture, plusieurs variétés de fruits : les uns pour la table, et les autres propres à faire le vin.

Principales variétés pour la table.

1o. *Morillon hâtif*, ou *raisin précoce de la Madeleine*. Feuilles palmées, alternes, incisées, petites; grappes petites; grains violets, noirs ou blancs; peau dure; très-précoce. Il se plaît au midi.

2o. *Chasselas de Fontainebleau*, ou mieux *de Thomery*. Grappe à gros grains, peu serrés. On distingue le noir, le violet, le rouge, le rose, le blanc et le hâtif. C'est le meilleur et le plus cultivé pour la table.

3o. *Chasselas doré de Bar-sur-Aube*, ou *raisin de Champagne*. Feuilles lacinées, grandes; grappes grandes et grosses; grains d'inégales grosseurs; suc fluide et sucré. Il mûrit ordinairement bien dans le rayon de Paris.

4o. *Chasselas musqué*. Feuilles de moyenne grandeur, peu découpées; grappes assez grosses, sucrées. Tardif.

5o. *Muscat noir*. Feuilles peu découpées; grappes d'un violet noir, sucrées.

6o. *Cioutat*, ou *raisin d'Autriche*. Feuilles incisées; grains petits. Exige une exposition au midi.

7o. *Muscat blanc de Frontignan*. Feuilles peu incisées; grappes coniques; grains serrés, fort sucrés et un peu musqués. Très-bon raisin au midi.

8°. *Muscat rouge.* Feuilles découpées; grains d'un rouge vif ou marbré de jaune ou de rouge pâle, sucrés et aromatiques.

9°. *Muscat d'Alexandrie*, ou *galle longue musquée.* Feuilles dentées incisées; grains ovales, musqués et de la grosseur d'un œuf de pigeon. Doit être exposé au midi.

10°. *Cornichon blanc.* Feuilles grandes, peu découpées, cotonneuses; grappes allongées et grains sucrés, en forme de petit cornichon. C'est un très-bon raisin qui mûrit bien à Paris.

11°. *Verdal.* Grains à peau mince, sucrés. Au midi.

12°. *Cornichon violet.* Grains sans pépins, jaunes. Demande une exposition (du midi) très-chaude.

13°. *Vigne de Ténériffe.* Nouvelle variété; graines ovoïdes et d'un violet foncé très-clair. Mûrit en septembre.

14°. *Vigne d'Ischia.* Nouvelle variété donnant, dans le midi, deux récoltes par an.

15°. *Raisin de Corinthe.* Grappes bien fournies et allongées, à grains ronds, petits et sucrés, sans pépins. Il lui faut une exposition très-chaude, ou mieux la serre portative mise devant sa treille.

16°. *Verjus, Gouais* ou *Bordelais.* Feuilles grandes, fort découpées; grappes grosses; grains ovales ou oblongs, noirs, rouges ou jaunes, sucrés.

17°. *Saint-Pierre.* Grains ronds, blancs et gros.

On taille les deux derniers à cinq yeux : on les consomme en confitures, et on en exprime le suc nommé *verjus.*

Telles sont les variétés pour la table; on les plante au pied des murs, sous le chaperon; on les plante aussi au milieu des jardins et dans les champs, mais alors on les échalasse.

Principales variétés pour faire le vin, cultivées aux environs de Paris, dans le milieu des jardins et des champs.

Le *meunier*, le *morillon*, le *murlo*, ou *languedoc*, le *plant du roi* ou *bourguignon*, le *meslier*, le *manzard*, la *rochelle noire* et *blonde*, les *muscats*, le *gris-mêlé*, le *petit goy*, le *sans-morillo*, le *gamay* ou *gamet*, l'*éricé*, le *gouet bleu* et le *gouet rouge*; les moûts de ces deux derniers sont sujets à tourner au gras; on les mêle avec d'autres vins pour qu'ils se conservent.

On cultive dans le département de l'Yonne, à Auxerre, Migraine, Tonnerre, Châblis, Joigny, Cussy, Coulanges, Sens, Avalon, etc., les variétés suivantes : le *pineau noir*, *blanc* et *gris*, le *plant vert*, le *tresseau*, le *romain*, le plant d'*Orléans* ou *teinturier*, le *pineau de Colonges* et le *gamay*. A l'article vin, nous ajouterons quelques détails sur les variétés préférées dans la Côte-d'Or, où se rencontrent les meilleurs crûs.

Dans le Bas-Rhin, à Weissembourg, on remarque le *rouge ordinaire*, le *rouge de Bourgogne*, le *rouge de Lamberlsloch*, le *treutsch*, le *kleinhengot*, le *schoemberg*, le *dreymoener* et le *rœsling.*

Dans le département du Jura, le *raisin perlé*, le *pineau*, ou *franc morillon*, le *petit baclan*, le *tresseau*, le *meunier*, le *petit gamet*, le *muscat noir*, le *sauvignon*, le *savagnin*, le *fromanteau gris*, le *chasselas* et le *raisin* dit la *famille ronde.*

On remarque en Provence, sur les côtes de la mer, le *monosquer* ou *teoulier*, l'*union noire*, l'*olivette noire*, le *plant d'Arles*, le *brun fourca* et *le petit brun*, et dans la plaine, le *catalan*, le *morvèbre*, le *bouteillan* et l'*union rouge.*

Tous les vins de Provence, foulés séparément, produisent des vins particuliers très-bons.

Nous n'avons parlé que des principales variétés produisant des vins commerciaux; il en est une foule d'autres qu'il serait fastidieux d'énumérer.

On obtient toujours plus de succès des variétés cultivées dans le nord et portées dans le midi que de celles du midi transportées dans le nord, parce que les variétés du nord mûrissent plus sûrement dans le midi que celles du midi ne mûrissent dans le nord.

Toutes les variétés de vigne réussissent dans les terres calcaires, sablonneuses et pierreuses, les sables granitiques mêlés de terres sèches, chaudes et légères, en pente, et qui reçoivent long-temps les rayons solaires. C'est là que l'on obtient, dans les climats tempérés, les meilleurs fruits et les vins les plus délicats : ils ne sont que d'une médiocre qualité dans les lieux ombragés. La vigne ne vient pas dans les terres aquatiques.

On multiplie la vigne de graines, de boutures, de marcottes et de greffes.

1°. *Multiplication par graines.* Ce mode

produit des variétés qui résistent le plus aux gelées. On sème en mars en pleine terre ou dans des terrines; on couvre le semis de paille après avoir recouvert la graine avec la terre de la surface, ou avec une couche de terreau et de terre fine. La graine lève en dix jours. En hiver, on entretient le semis couvert de paille la première année, pour que la gelée ne le frappe pas : on le repique en place la seconde ou la troisième année; on défonce ordinairement, à 7 décimètres (2 pieds), le terrain qui doit recevoir la vigne, s'il y a de la terre végétale jusqu'à cette profondeur. Ce mode de culture est très-long et peu usité, parce que l'on ne récolte du fruit qu'à la troisième ou quatrième année, et ce n'est qu'au fruit qu'on reconnaît si le raisin est bon ou mauvais. Dans cette incertitude, on préfère les autres procédés.

2°. *Multiplication par boutures.* Il y a deux boutures, la bouture en crossette et la bouture simple.

a. *Bouture en crossette.* Celle-ci se fait avec la partie inférieure des bourgeons garnis de cinq ou six yeux et de 3 centimètres (1 pouce) du bois de deux ans que l'on détache du rameau des mères vignes bien aoûtées. On coupe ces boutures en octobre ou au moment de la taille; si on les coupe en automne, on les conserve en les enterrant dans la terre humide jusqu'à la plantation; cette époque étant arrivée (mars), on les coupe à 4 ou 6 millimètres (2 ou 3 lignes) d'un bon œil, avec une serpette bien affilée, puis on les plante; on attend jusqu'en avril, si la terre est trop humide. Dans le midi de la France, cette plantation se fait en automne', aussitôt que les boutures sont détachées des mères.

La distance à laquelle on place les plants les uns des autres, dans le nord et dans le midi de la France, varie selon la fertilité et la température; il faut qu'ils soient assez éloignés pour que les racines aillent puiser la nourriture dans le voisinage sans nuire aux plants voisins, que l'air et la lumière puissent arriver et circuler sans empêchement. A Paris, on les plante dans les champs à 60 centimètres (2 pieds) jusqu'au dessus de l'avant-dernier œil : dans le midi de la France, on plante à 90 centimètres (3 pieds); on couvre toute la plantation de paille pour que le soleil ne dessèche pas la terre; on arrose et l'on continue d'arroser jusqu'à la reprise. Il faut, si on le peut, prendre ces boutures en crossettes dans des terres plus maigres que celles où l'on se propose de les planter, parce qu'alors le mouvement de végétation les enracine plus tôt et mieux. Le terrain aura été défoncé, au préalable, s'il n'était pas meuble et aussi bien fumé avec des terreaux ou du noir animalisé, s'il n'était pas assez fertile. Il faut toujours, à Paris, préférer les vignes hâtives, pour que le raisin mûrisse.

On bine et sarcle lorsque l'herbe paraît. On échalasse les boutures qui ne peuvent se soutenir.

b. *Boutures simples.* Un moyen plus économique, dit *Thouin*, consiste à planter des boutures simples, bien aoûtées, âgées de neuf mois et formées de la pousse précédente; mais les produits sont plus tardifs et moins sûrs : c'est pour cela qu'il faut toujours préférer les boutures en crossettes.

3°. *Multiplication par marcottes.* Ce moyen est employé pour rajeunir de vieilles vignes, remplacer celles qui sont mortes, et pour avoir des plants enracinés, en mars, à Paris, et dans le midi de la France : en octobre et en novembre on commence par déchausser les corps, dit *Thouin*, de 3 à 5 décimètres (9 à 15 pouces) de profondeur et le double en diamètre. On fait choix des sarmens les plus vigoureux, assez distans les uns des autres pour être couchés sans confusion; on ôte les branches de la partie qui va être provignée: on couche ensuite dans la fosse les sarmens réservés; on les assujettit avec un crochet de bois pour qu'ils ne se dérangent pas; on redresse presque perpendiculairement, sur le bord extérieur de la fosse, l'extrémité des sarmens couchés; on tranche les provignés à un ou deux yeux au-dessus du niveau de la terre; on ne remplit pas tout-à-fait la fosse pour que les racines puisent les sucs plus profondément en terre, et pour que les eaux atmosphériques restent et rafraîchissent le marcottage; on enfonce un échalas derrière chaque provigné pour les dresser en grandissant; on enlève la mauvaise herbe, à mesure qu'elle croit, avec la binette, qui, labourant la terre, la rend en même temps plus perméable aux agens de l'air.

A l'automne de l'année du marcottage, ou au printemps suivant, on sépare les provignés de leur mère ou on les y laisse : ils sont assez enracinés pour se suffire à eux-mêmes; mais il vaut mieux ne pas les séparer. Ce procédé est très-employé en Bourgogne, en Lorraine, etc.

Si on veut servir sur table du raisin en novembre, on marcotte les branches de vignes de l'année, qui sont en pots, en les laissant passer par les trous des pots; que l'on remplit de terre. Il faut ôter la feuille de la partie qui doit être enterrée, et quatre ou cinq yeux sortent de la terre, on lève la marcotte lorsqu'elle est assez enracinée. On peut servir ces pots sur table, l'année suivante, lorsque le raisin est mûr.

4°. *Multiplication par greffes*. On greffe la vigne de deux manières, en fente sur la tige et en fente sous le collet de la racine.

Greffe en fente sur la tige. On fait cette greffe en avril sur le cep, assez près de la terre: on le fend perpendiculairement au milieu, à la longueur de 6 centimètres (2 pouces); on y introduit la greffe longue de 14 centimètres (5 pouces) et taillée en biseau; on l'enfonce bien avant; en faisant coïncider les écorces; on forme une poupée d'argile autour de la greffe; lorsque les ligatures forment des bourrelets, on les desserre, et, la reprise étant bien soudée, on réforme la poupée; on échalasse, on coupe les bourgeons qui naissent au-dessous de la greffe, on bine.

Greffe en fente sous le collet de la racine. On pratique cette greffe en déchaussant à 15 centimètres (6 pouces) au dessous des premières petites racines: on la fend perpendiculairement et on y place la greffe; on entoure cette dernière d'un lien de jonc et de cire à greffer. *Thouin* dit que, sur cent greffes, il n'en manquera pas cinq, et que les souches fournissent déjà beaucoup de raisin, la seconde année, en taillant à à cinq yeux; c'est le moyen d'utiliser de bonnes souches qui produisent de mauvais raisins.

Thouin s'est plaint avec raison que l'on ne fit pas assez d'usage de cette dernière greffe dans la grande culture; c'est cependant une excellente méthode de rafraîchir les vignes en améliorant la nature du raisin.

Taille de la vigne en espalier, à Paris. On taille la vigne en février, s'il ne gèle pas; il n'est pas convenable de tailler la vigne ni les arbres dans les mois de décembre et janvier, la moindre gelée, ayant prise sur toute l'ouverture, saisirait l'endroit de la taille, ferait périr l'extrémité du rameau, et porterait ainsi préjudice au bouton adjacent qu'elle endommagerait. Les bons praticiens conseillent de ne rien tailler que lorsque la gelée n'étant plus à craindre, la sève est prête à monter; la végétation qui survient répare la dénudation qu'a produite le ciseau ou recouvre l'incision faite par la serpette. *Columelle* savait cela et prescrivait de tailler la vigne au printemps, dans les pays froids, parce qu'elle donnait davantage de raisin, et de la tailler en automne dans les pays chauds.

On rabat les ceps plantés; la première année on retranche tous les bourgeons du pied; on ne réserve que le plus fort et le plus droit, dont on forme la tige principale: on taille celle-ci à 3 décimètres (9 pouces) de haut; on ne lui laisse que trois yeux à sa partie supérieure, et l'on *éborgne* tous ceux qui lui sont inférieurs: ces yeux sont destinés, le plus élevé à fournir au bourgeon qui doit continuer la tige verticale, et les deux latéraux à produire les deux premières branches mères du bas de la treille. On palisse les bourgeons, à mesure qu'ils croissent, dans les directions qu'ils doivent conserver; les deux du bas sont conduits à l'opposé l'un de l'autre autant que possible, et celui du haut placé perpendiculairement sur son pied. On éborgne les yeux que produisent les bourgeons.

A la seconde taille, on coupe à six ou huit yeux le bourgeon perpendiculaire, et à quatre ou six les deux latéraux; on ne laisse sur le premier que les bourgeons supérieurs, et sur les deux autres que les deux yeux qui se trouvent au dessous de chaque coupe: on éborgne tous les autres. Les trois yeux du sarment vertical sont destinés à fournir le second cordon et la prolongation de la tige principale; les autres réservés sur les premières mères branches donnent de chaque côté le bourgeon qui doit les prolonger en une première branche montante. On pratique les autres tailles d'après les mêmes principes que la seconde, jusqu'à ce que la treille soit formée; leur but est d'allonger la tige et les mères branches montantes sur chacune de ces dernières, et de tailler celles-là à un ou deux yeux.

Taille de la vigne échalassée, à Paris. Elle consiste à lier trois mères branches à des échalas; on les examine en partculier; on retranche à chacune les cinq ou six plus gros bourgeons à trois ou quatre yeux, s'ils sont forts; à deux yeux les bourgeons moyens, et à un œil les bourgeons faibles. On supprime tout-à-fait les bourgeons les plus faibles; si on les taillait plus longs, le

fruit ne viendrait pas si gros ni d'une aussi bonne qualité, et la vigne ne vivrait pas autant d'années : il ne faut laisser venir du fruit qu'autant que la vigne peut en nourrir. On laisse peu monter la vigne dans les pays froids et tempérés, comme Paris, la Lorraine, la Bourgogne, l'Allemagne, etc.; mais on laisse monter plus haut dans les pays chauds, le midi de la France, l'Italie, la Grèce, les côtes de Barbarie, etc. A Meaux en Brie et du côté de Lagny, où la terre est très-franche, substantielle et pierreuse, on plante la vigne dans des tranchées à 6 décimètres (18 pouces) de distance et en ados de 1 mètre (3 pieds). On plante pendant deux ans, auprès de la vigne, dans les tranchées, des griffes d'asperges, et, sur les crêtes, des haricots, du cerfeuil, des pommes de terre, du persil, etc. La vigne pousse dans une année 4 à 5 décimètres (12 ou 15 pouces) de longueur; on le rabat en *cerceau*, et il vient une grande quantité de grappes après les cerceaux; *Palladius* a décrit cette disposition. Les échalas ont 1 mètre 30 centimètres (4 pieds).

Culture et taille de la vigne en espalier, à Fontainebleau et à Thomery.

Fontainebleau, ville sise au milieu de la forêt du même nom, qui contient 16,436 hectares de terre, se trouve défendue des vents et du froid par les arbres; c'est la situation la plus propre à la culture du chasselas.

Thomery, village à deux lieues au levant de Fontainebleau, est situé sur un coteau à l'est et au nord, un peu en pente vers ces deux points; il est séparé de la Seine par une petite prairie toujours inondée en hiver, et entouré de tous les côtés par les parties élevées de la forêt, qui le mettent à l'abri des vents et des autres influences atmosphériques défavorables.

Il n'y a que 40 ans que le chasselas est cultivé à Thomery; auparavant le village n'existait pas, il n'y avait que quelques maisons isolées. La population actuelle est de mille personnes, et c'est ce petit nombre d'habitans industrieux et habiles qui fournit à Paris presque tout le beau chasselas que l'on y consomme.

Le chasselas de Fontainebleau et de Thomery a toujours la peau mince, le grain gros et sucré; celui de Montreuil-sous-Bois, qui en approche le plus, est plus petit; sa peau est moins fine, mais il est aussi bon.

A Thomery, le chasselas vient d'aussi bonne qualité dans les terres sablonneuses et rocailleuses que dans les terres franches, ce qui prouve que c'est la situation surtout qui produit sa qualité spéciale et non la terre; la taille paraît y contribuer aussi. C'est le long des murs élevés de 2 mètres 60 centimètres (8 pieds), d'un chaperon avec une saillie de 3 décimètres 6 centimètres (11 pouces), et crépis en mortier blanc, que l'on cultive le chasselas. Il n'y a que cinq ans que l'on donne cette saillie au chaperon; auparavant on ne lui donnait que 2 décimètres (6 pouces). A présent encore, presque tous les murs ont l'ancienne saillie; mais lorsque le raisin est sur le point de mûrir, les cultivateurs font entrer des ardoises entres les tuileaux, et remplacent par là, autant que possible, la nouvelle saillie, pour préserver d'un soleil ardent, lorsqu'il approche de sa maturité. C'est à l'exposition au midi que s'établit la plantation contre les murs du chasselas en treille; là l'exposition à l'est n'est pas moins bonne.

Dix à quinze jours avant de planter la vigne, on laboure la terre auprès du mur à 64 centimètres (2 pieds) de profondeur et à 1 mètre 30 centimètres, ou 1 mètre 60 centimètres (4 ou 5 pieds) de largeur, en observant si la terre était humide de donner un peu de pente au labour pour éloigner du mur les eaux pluviales; mais elle n'est pas humide à Thomery ni à Fontainebleau, et il n'est pas nécessaire de donner une pente en labourant. On ouvre ensuite une tranchée parallèle de deux décimètres 30 centimètres (8 pouces) de profondeur et de 60 centimètres (2 pieds) de largeur; on couche en travers, dans le fond de cette tranchée, les boutures crossettes, la tête tournée vers le mur et à la distance de 4 ou 5 décimètres (12 à 15 pouces) l'un de l'autre; on les charge de 1 décimètre 3 centimètres (3 à 4 pouces) de terre que l'on presse; on relève l'extrémité des *boutures crossettes;* on remplit ensuite de terre, ou mieux, de terreau mêlé de terre. Au printemps suivant, on les taille à deux yeux et on les soutient de chacune un échalas; à l'autre printemps, on ne conserve que la branche principale, on réforme les autres. On couche cette branche, comme la première année, après avoir retranché les autres; on la taille aussi, au printemps, à deux yeux; la troisième année, on est arrivé au mur. En agissant ainsi, la vigne se trouve

très enracinée. Par la suite, si les ceps périssent, on les remplace par les mêmes boutures, mais on ne les enterre qu'à 5 ou 6 décimètres (15 à 18 pouces) afin que dès la seconde année on arrive au mur.

On établit un treillage au mur, et au printemps on arrête le premier cep à 2 décimètres (6 pouces) de terre au dessus d'un œil : cet œil et celui qui est plus bas donnent chacun une branche que l'on dirige sur le mur, sous le treillage, en les ployant doucement l'une à gauche et l'autre à droite : on les attache avec des liens de paille ou de seigle mouillés : il n'y a que le trou que l'on ne renferme pas sous le treillage. L'expérience a démontré que plus les grappes étaient près du mur, meilleures elles devenaient. Si des grappes naissent et grossissent sous des traverses, on les élève ou abaisse un peu pour qu'elles ne soient plus pressées. Quand le second cep est assez élevé, on l'arrête, mais à 60 centimètres (2 pieds); et lorsque les deux autres seront aussi en état d'être arrêtés, on les fixera, le troisième à 1 mètre (3 pieds) et le quatrième à 1 mètre 30 centimètres (4 pieds); mais en attendant les progrès jusqu'à la hauteur voulue, on taille ces bourgeons latéraux à un ou deux yeux pour obtenir du fruit. Dès que les deux bras de ce second cep ont été taillés, on réforme les bourgeons, les ceps étant arrivés à leur hauteur et les deux dernières branches étendues aussi pour former leurs bras; on finit ainsi la taille telle que le décrit M. Poiteau : « On taillera ces deux branches jusqu'à ce » qu'elles aient chacune 4 pieds de longueur » pour ne plus s'allonger; on taillera, la » première année, de manière à obtenir 3 » bourgeons placés à la distance de 4 à 6 » pouces l'un de l'autre : deux de ces bourgeons seront convertis en coursons à la » taille suivante; le troisième, qui est le » plus éloigné, sera destiné à prolonger le » bras, on aura soin, pendant l'été, d'attacher verticalement sur le treillage les » pousses destinées à faire des coursons, et » d'étendre horizontalement celle qui détermine la taille et qui est destinée à allonger le cordon. A la seconde taille, les » deux coursons seront taillés à deux yeux, » et la branche terminale sera encore taillée » de manière à ce qu'il en sorte trois bourgeons éloignés de quatre à six pouces l'un » de l'autre; deux de ces bourgeons seront » palissés verticalement, et le troisième sera » étendu horizontalement comme l'année » précédente, et ainsi de suite jusqu'à ce » que chaque bras ait la longueur de 4 pieds : » alors la pousse terminale se taillera ainsi » en courson. Chaque bras doit avoir 8 » coursons, tous placés du même côté autant que possible. Quand le dernier cep » sera aussi parvenu à avoir ces deux bras » tous de 4 pieds chacun, on aura, sur une » surface de 8 pieds carrés, 80 coursons, » qui, étant taillés à deux yeux, donneront » chacun deux branches qui produiront généralement chacune au moins deux » grappes. »

C'est ainsi que, pour obtenir plus de fruit, l'expérience a démontré à Thomery qu'il ne fallait pas donner plus de 120 centimètres (4 pieds) de chaque côté; autrement, les grappes ne viennent que vers l'extrémité et pas vers le corps de la vigne, en observant que tous les murs situés au midi et à l'est n'occupent que des treilles en chasselas. On n'y voit jamais d'arbres fruitiers; ces derniers se plantent au nord, où se rencontre abondamment la poire d'Angleterre, qui y prospère étonnamment, la pêche de Malte, la crassane, le bon chrétien d'hiver, etc. Il y a six ans qu'ils tirent parti des murs de cette exposition.

Culture de la vigne en hautains. Depuis plusieurs siècles on cultive la vigne en hautains, en Italie, sur les côtes d'Afrique, dans l'Asie-Mineure, la Grèce, les îles de l'Archipel, etc. On dit marier la vigne aux arbres, parce que ceux-ci leur servent d'appuis. Les arbres les plus employés à la culture sont l'*orme champêtre*, le *peuplier noir*, l'*érable à feuilles de frêne*, le *mûrier blanc* et l'*amandier à coques tendres*; les arbres toujours verts et les noyers sont exclus de cette fonction.

On laboure à la charrue, et on plante de jeunes arbres, par lignes parallèles, à 15 mètres (45 pieds) les uns des autres; ces arbres sont sans branches jusqu'à 2 décimètres 6 centimètres (8 pieds) de terre.

Quand les arbres sont repris et enracinés, on fait des fosses à leur pied et on y plante deux boutures en crossettes de 2 ou 3 ans enracinés, auxquelles on n'a laissé que deux sarmens à 60 centimètres ou 1 mètre (2 ou 3 pieds) de l'arbre, mais un peu distans l'un de l'autre : on les couche dans la petite fosse jusqu'au pied des arbres, et on les redresse contre ceux-ci de manière à ce qu'ils soient appuyés contre eux. Magon et Virgile pres-

crivent de ne pas remplir les fosses entièrement la première année, afin que les racines des vignes pénètrent plus avant dans la terre : ils avaient raison, puisque l'on suit actuellement le même procédé. Si on avait à craindre la dent des bestiaux, il faudrait engager les ceps. On plante, dans les intervalles, des choux, des navets, de la luzerne, du blé, etc.

On taille la vigne, la première année, à trois yeux et on coupe au milieu de l'entrenœud ; l'année suivante, on taille encore à trois yeux la pousse de l'année, et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'on soit arrivé aux premières branches des arbres. On dirige alors deux sarmens vers la tête de l'arbre, et les deux autres sont dirigés l'un à droite et l'autre à gauche, au dessous des branches des arbres, pour former des guirlandes qui vont se réunir aux guirlandes des arbres voisins. On attache la vigne avec des liens doux, pour ne pas la blesser ; en taillant ainsi, on obtient beaucoup de vin, mais il n'est pas de première qualité : si on veut l'avoir le meilleur possible, mais en moindre quantité, on ne laisse que peu de branches à la vigne et on taille plus court, et aussi on dirige davantage la vigne vers le sommet de l'arbre qu'au dessous et dans les branches.

La vigne étant arrivée à la hauteur et aux directions voulues, la taille ne consiste plus qu'à trancher les anciens sarmens qui auront fructifié et à laisser les nouvelles branches que l'on taillera à deux yeux. On reforme les petites branches et les bourgeons qui quittent les guirlandes chaque année ; on délie et on relie la vigne avec du jonc.

On élague, tous les deux ou trois ans, les arbres qui servent de supports à la vigne.

Engrais. Il faut fumer les vignes tous les trois ou quatre ans, et il ne faut employer que des fumiers consommés, ou du terreau qui a servi aux couches, ou, mieux encore, celui-ci mêlé avec du noir animalisé. Les fumiers nouveaux, les boues infectes communiqueraient une partie de leur odeur aux raisins. On peut y ajouter des compots faits avec les gazons, la terre de bruyère, la marne, les coquilles brisées, le marc de raisin, etc. On répand en automne, très-menu, ces engrais sur toute la surface de la vigne, dont ils raniment la végétation.

Labour. On laboure à Paris, en novembre et en décembre, toutes les terres des vignes plantées dans les champs, après avoir ôté et mis en tas les échalas. On se sert de la binette, que l'on fait entrer en terre à 1 décimètre (3 pouces) de profondeur, et on déchausse un peu les ceps. La taille étant faite en février et en mars, on laboure une seconde fois, mais profondément et on fait disparaître les monticules ou petits tas de terre. Si la terre est en pente, on la laboure diagonalement, et on fait toujours monter la terre plutôt que de la faire descendre, pour que la partie haute de la vigne conserve toujours la même quantité de terre.

On laboure encore trois fois avec la binette : la première fois avant la floraison, une seconde fois quand les grains sont noués, et une troisième fois lorsque les grappes entrent en maturité ; ces binages ont pour but d'extirper les mauvaises herbes, pour que la pluie, les gaz et la lumière pénètrent la terre et l'ameublissent. On ratisse la mousse et l'écorce qui se détachent, surtout dans les pays chauds, avec les *émoussoirs de M. Noisette*.

Échalassement. On échalasse dans le nord et le centre de la France les vignes cultivées dans les champs, et celles non cultivées en treilles dans les jardins. Cette opération se pratique après un binage de printemps ; on enfonce les échalas verticalement, avec un maillet, au pied des ceps, à 1 décimètre 6 centimètres (3 ou 4 pouces), pour rapprocher les sarmens et afin que le vent ne les fasse pas tomber, en observant d'épargner les racines, et de ne point faire tomber les boutons, comme le voulait Columelle.

Floraison. Il ne faut faire aucun travail à la vigne lorsqu'elle est en fleur, pour ne pas troubler le travail de la fécondation : si on labourait la vigne ou qu'on l'arrosât pendant cette époque, une partie ou tout le pollon pourrait être emporté, et il y aurait coulure ; c'est pour cela qu'après des pluies et des grands vents, elle a souvent lieu. M. *Oscar Leclerc* conseille de faire en juin une incision pour empêcher la coulure des fleurs en détournant la sève.

Effeuillage ou épamprement. Lorsque le raisin a atteint presque tout son volume, on l'effeuille aussitôt que l'on veut le colorer et développer la maturation. Il faut toujours faire cette opération à plusieurs reprises. On réforme, aux vignes qui sont en treilles, toutes les feuilles qui touchent les grappes lorsqu'il y en a d'autres un peu plus en avant, qui suffisent pour briser les rayons du soleil, sans les empêcher d'entrer et de

donner la couleur aux grappes ; l'air circule alors librement, les feuilles qui masquaient les grappes, les blessaient et servaient de refuge aux insectes étant enlevées. Les vignerons de Thomery et de Fontainebleau effeuillent avec une grande habileté sans toucher aux raisins.

Il faut, en général, un peu plus effeuiller les vignes placées contre les murs et les coteaux, que celles qui sont à l'ombre ou dans des terres humides, parce qu'ici, dit Bosc (1), elles garantissent les grappes des vents froids et conservent le calorique qui, passant aux grappes, en hâte la maturité. Columelle (2), ne voulait pas que l'on effeuillât en Italie, dans les contrées chaudes, et même il recommandait d'ombrager les vignes chargées de grappes, lorsqu'elles sont mûres, avec de la paille, pour que la chaleur ne les desséchât pas; au lieu qu'il recommandait d'épamprer dans les contrées froides, pour que le raisin mûrît et ne pourrît pas.

Ennemis. Beaucoup d'animaux et d'insectes attaquent la vigne et le raisin; diverses plantes parasites s'y attachent et l'épuisent.

La *pyrale de la vigne.* La larve vit aux dépens de la vigne; elle roule et mange les feuilles, les pétioles et les pédoncules. Cette chenille, dit *Bosc,* est verte, avec une tache jaune de chaque côté du premier anneau, et la tête noire; elle cause beaucoup de dommage aux environs de Paris et ailleurs. *Robergeot* prescrit pour la détruire, lorsqu'elle est métamorphosée en papillon, de faire des feux à l'entrée de la nuit; le papillon s'y porte aussitôt et se brûle. On répète plusieurs fois les feux; ces feux détruisent en même temps les *bombyces,* les *noctuelles,* les *phalènes* et autres insectes, qui se précipitent en grand nombre dans la flamme.

L'*erineum de la vigne.* Cette plante paraît sur la surface inférieure des feuilles sous forme de taches, d'abord blanches, et ensuite rousses et irrégulières; elle les détruit : le remède est de cueillir les feuilles qui en sont attaquées et de les brûler.

La teigne de la vigne. La larve, nommée ver de la vigne, vit dans le grain de raisin, et va, dit Bosc, de l'un à l'autre en se filant une galerie de soie. Il faut ôter les grains altérés, ainsi que les galeries, et brûler tout.

L'*eumolpe de la vigne, gribouri ou coupe-bourgeon.* Elle mange les bourgeons, roule les feuilles et dépose ses œufs, qui se changent en vers. Il faut enlever les parties attaquées et les brûler.

Le sphinx de la vigne. La larve mange les feuilles; mais elle est rare. Le remède est de cueillir les feuilles et de les brûler.

Les *attelabes* vert et cramoisi. Ces deux insectes, en état de larves, mangent les feuilles, les pétioles et les pédoncules. Il faut cueillir les parties attaquées et les brûler. On appelle aussi ces insectes *urbère, diableau, bêche, lisette, velours vert* et *destraux.*

Le *hanneton.* La larve, sous le nom de *ver blanc,* ronge les racines de la vigne et les fait périr. Il faut labourer autour pour trouver le ver. On a observé qu'en semant de la laitue dans le voisinage, le ver quitte la vigne pour se porter vers la laitue.

Les *guêpes* et les *frélons* attaquent le raisin; il faut les tuer en les enfumant avec une torche de paille. On suspend aussi des bouteilles d'eau miellée; ils s'y noient.

Les *hélices* et les *limaces* mangent les feuilles, il faut les ramasser le matin et après la pluie, et les enlever de la vigne.

Beaucoup d'oiseaux mangent le raisin : la grive, l'étourneau, le loriot, la fauvette, etc.; il faut les effrayer avec des épouvantails ou les tuer.

Primeurs. Pour obtenir des primeurs à Paris, du raisin en treille, quinze jours avant la maturité, on fait à la vigne une plaie annulaire lorsque ses grappes sont sur le point de mûrir.

On obtient aussi du raisin vingt jours plutôt que celui en treille, en plaçant la vigne dans la serre, ou autre lieu où il ne gèle pas; on fait sortir le cep à travers le mur. A la floraison de la vigne, on fait entrer les petites grappes dans des bouteilles de verre diaphane; les raisins, frappés par le soleil, mûrissent vite : on casse les bouteilles à la maturité. Mais le moyen le plus expéditif est de mettre la serre portative devant le treillage, pour que le soleil luise sur les vitrages et échauffe la vigne : quelquefois aussi on y allume du feu.

Vendange. On reconnaît que le raisin est mûr lorsque le pédoncule est devenu brun, que le grain se détache au moindre toucher, que le suc est doux, collant et sucré : on le

(1) Cours complet d'Agriculture.

(2) Économie rurale, liv. 11, ch. 2.

cueille par un beau temps de soleil ; on doit ôter les grains gâtés.

Une douzaine de jours avant la maturité, on en renferme plus ou moins dans des sacs de crin; ils se conservent ainsi jusqu'aux fortes gelées, et les oiseaux ne peuvent les manger.

Conservation. On conserve les raisins cueillis par un temps sec, un peu avant la maturité, dans des caisses de chêne carrées et plombées intérieurement et de grandeurs variables; on les soutient avec des cercles en fer. On place dans le fond une couche de mousse, ensuite de raisins sans les essuyer, à 4 millimètres (2 lignes) les unes des autres; on continue ainsi jusqu'à ce que la caisse soit remplie. On ferme les caisses hermétiquement. Cela terminé, on descend les caisses dans un puits, attachées chacune à une chaîne, et on les laisse là suspendues auprès de l'eau.

Lorsque l'on veut du raisin, on tire à soi la corde ; on en prend, on referme la caisse, et on la redescend contre l'eau. Les raisins se conservent jusqu'en février, s'il n'entre pas d'eau dans la caisse.

On conserve aussi le raisin en mettant les grappes sur des claies garnies de paille de blé ; on les place à côté les unes des autres, sans les toucher et sans les essuyer. On expose ensuite les claies au soleil, s'il luit ; on retourne les grappes, et lorsque l'humidité est dissipée, on place les claies dans la fruiterie.

On réussit également bien en stratifiant dans des tonneaux les raisins avec du millet desséché, de la mousse sèche et diverses autres substances qui empêchent le contact des grains entre eux et s'opposent aux variations brusques de la température.

Voyez pour complément de cet article, les mots Raisin et Vin.

P.

VIN. (*Arts chimiques*.) On désigne en général sous ce nom les sucs de divers fruits, et même d'autres solutions aqueuses de *sucres*, soumises à la fermentation qui donne lieu à la production de l'alcool. Déjà nous avons traité dans des articles spéciaux des vins de poires, de pommes, de moût d'orge, et d'autres boissons plus particulièrement connues sous les noms de cidre de poires ou poiré, cidre de pommes, bière, etc. Nous nous occuperons exclusivement ici du produit plus particulièrement connu sous le nom de vin, c'est-à-dire du suc extrait du raisin et soumis à la fermentation *alcoolique*.

Les qualités du vin diffèrent beaucoup suivant une foule de circonstances plus ou moins difficilement appréciables. La température du lieu ou l'exposition aux rayons solaires a surtout une très-grande influence ; car l'arôme ou le *bouquet* qui distingue les qualités du vin tient à une huile essentielle, variable, et dont la production plus ou moins abondante paraît dépendre de la température habituelle.

Plusieurs autres conditions ont aussi une influence marquée sur la qualité du vin : ce sont notamment la nature physique du sol, de laquelle dépendent la végétation de la vigne, les proportions d'eau contenues dans le fruit, etc.

Les soins de culture contribuent aussi aux modifications précitées, puisqu'ils peuvent changer utilement la perméabilité du sol, pour l'air, l'eau et les autres agens extérieurs ; les engrais employés ont encore une influence marquée sur la production d'un moût plus ou moins agréable, aqueux ou sucré; enfin, les différentes variétés des plants de vigne peuvent donner lieu à des productions très-diverses : nous apprécierons ce qu'il importe le plus de connaître parmi les agens précités, renvoyant pour de plus amples détails aux articles spéciaux que nous aurons soin d'indiquer.

Température. Dans les contrées méridionales, les vins plus chargés de sucre donnent lieu à une plus abondante production d'*alcool;* ils sont forts et *généreux*, mais leur saveur moins agréable, ou, comme on le dit, leur arôme moins *fin* leur donne une valeur moindre que celle des vins plus légers, mais aussi plus agréables. Pour diminuer l'influence défavorable d'une température habituellement trop élevée, on cultive en plaine et on laisse les ceps assez élevés pour que le raisin se ressente moins de la chaleur du sol. Dans le même but, on peut cultiver la vigne enlacée dans des arbres. On prend d'ailleurs des précautions particulières dans la fabrication du vin; nous les indiquerons plus loin.

Dans les climats tempérés où la température habituelle est peu élevée sans être trop basse, on récolte les vins les plus délicats; là ce sont généralement les coteaux les mieux insolés, ceux qui reçoivent sans interruption les rayons solaires du sud-est, du sud et jusqu'au sud-ouest, qui donnent les meil-

leurs produits ; tels sont ceux que l'on récolte sur les bons crûs, et pour les expositions convenables de la Côte-d'Or ; les vins fins de ce département s'obtiennent même exclusivement sur les coteaux précités, loin des marais, des forêts et des rivières. Les plaines du même pays, quoique présentant un sol semblable ou fort analogue, sont loin de produire des vins d'un bouquet aussi agréable. L'influence de la température est enfin beaucoup plus sensible encore dans les contrées un peu plus septentrionales, où quelques degrés d'abaissement du thermomètre s'opposent invinciblement à la production d'un vin généreux et d'un arôme agréable.

Les terrains qui en général conviennent le mieux à la culture de la vigne sont légers, facilement perméables à l'air; à l'aide des labours et des binages, la couche végétale, capable de retenir suffisamment l'eau et les gaz, doit toutefois reposer sur un fond sableux plus absorbant, qui laisse infiltrer l'excès des eaux pluviales : on remarque d'ailleurs de très-bons crûs sur des sols d'une composition ou d'une origine toute différente : c'est ainsi que les terres calcaires présentant les débris de roches poreuses et des coquillages, donnent les vins si estimés de la Côte-d'Or ; que le terrain granitique forme la base du sol où l'on récolte les vins de l'Hermitage ; que les terres siliceuses entremêlées de cailloux, sont plantées de vignes, qui fournissent les vins renommés de Château-Neuf, de La Ferté, et de la Gaude ; que les terrains schisteux donnent aussi un vin très-estimé, dit de la Malgue ; ainsi donc, sur des terres d'une composition chimique différente, mais présentant les qualités physiques convenables, on peut obtenir des vins d'un bouquet agréable et très-estimé, tandis que, pour un sol d'une composition chimique et d'une qualité physique sensiblement les mêmes, la qualité du vin peut varier considérablement avec l'exposition. Nous citerons un exemple frappant de ses effets : sur le coteau où l'on obtient les vins de Montrachet, toute la portion bien insolée donne, vers le sommet, le vin désigné sous le nom de *Chevalier Montrachet*. Dans cette situation trop élevée, le produit est moins estimé que celui obtenu immédiatement au-dessous et dans toute la région moyenne, vin délicat, que l'on désigne par l'épithète de *Vrai Montrachet*, et qui se vend de beaucoup plus cher. Au-dessous de cette partie moyenne et dans toute l'étendue des plaines contiguës ou voisines, les vignes donnent un produit d'une qualité fort inférieure appelée *Montrachet bâtard ;* enfin tout le revers du même coteau donne un vin de qualité inférieure. Les mêmes différences plus ou moins tranchées s'observent relativement aux crûs renommés de *Pomard, Volnay, Baune, Nuits, Vougeot, Chambertin, Romanée*, etc., partout on reconnaît que le revers des coteaux, leur crête et la plaine, quoique généralement d'un même terrain, donnent des vins d'une qualité inférieure ou *ordinaire*.

Amendemens. Lorsque le sol où l'on cultive la vigne est trop léger ou trop compacte, on peut modifier utilement ces qualités du terrain entre certaines limites, soit, dans le premier cas, en ajoutant chaque année une dose suffisante de terre argileuse plus ou moins plastique ; dans le second cas, en répandant sur le sol des substances très-perméables, telles que des sables ou terres sableuses ou des cendres. La marne convient dans presque toutes les terres qui ne contiennent point assez de carbonate de chaux ; cette substance peut même servir à diviser soit les terres argileuses extrêmement compactes, soit les terres sableuses très-légères, car elle tient le milieu entre elles et jouit de la propriété de *pulvériser* spontanément par une dessication prompte.

Engrais. Pour la vigne comme pour toutes les plantes cultivées, les engrais qui complètent sur le sol l'aliment azoté, peuvent assurer ou augmenter les récoltes, toutes autres circonstances étant favorables d'ailleurs. Cependant pour la vigne, plus encore que pour la plupart des autres végétaux en culture, il importe de n'employer que des engrais dont la décomposition spontanée soit assez lente pour ne point fournir cet excès de matière putréfiable, dont l'odeur repoussante se transmettrait alors aux produits de la végétation. C'est ainsi qu'aux environs des grandes villes, on a remarqué, comme dans la banlieue de Paris et près d'Argenteuil, des vignes abondamment fumées avec des boues infectes, dont le fruit se ressentait évidemment de l'odeur désagréable de ces fumiers. Les engrais qui sont exempts de ces inconvéniens peuvent toutefois être plus ou moins riches en matière animale ; il suffit que celle-ci se trouve dans des conditions telles que sa décomposition

spontanée soit assez ralentie pour ne point exhaler d'odeur forte et repoussante ; cette condition se réalise dans les chiffons de laine et de soie, les rapures de corne, la chair musculaire, ou le sang desséché et mis en poudre, puis mélangé avec quelques centièmes d'un charbon pulvérisé très-fin et désinfectant. L'engrais connu sous le nom de *noir animalisé* réunit encore évidemment les conditions utiles d'une division poussée très-loin, d'une grande richesse en matières animales et d'une désinfection qui ralentit et prolonge les effets de la décomposition spontanée. Le dosage de ces différens engrais peut varier depuis un cinquième de litre jusqu'à un demi-litre par pied de vigne, chaque année ou tous les deux ans, suivant que le sol est plus ou moins appauvri.

Un excès d'engrais aurait encore l'inconvénient, dans les années humides, de rendre le raisin beaucoup trop aqueux.

Culture. On opère les labours dans les vignes en même temps que l'on en fournit les engrais, vers le mois de mars ; on taille ensuite, puis on s'occupe de la plantation des échalas, lorsque la faiblesse du sarment rend cette dernière pratique utile. On sait que, dans quelques contrées méridionales, les pieds de vigne maintenus à une certaine élévation acquièrent des dimensions et une force suffisante pour se soutenir seuls.

Il est convenable d'imprégner l'extrémité des échalas de goudron, de bitume ou d'acide pyroligneux avant de les implanter en terre; à défaut de ces agens conservateurs, on charbonne la superficie du bois, afin d'entraver la marche de la pourriture humide.

Après la plantation des échalas, on rechausse les pieds de vigne en remontant la terre que les eaux pluviales auraient entraînée dans le sens de la pente naturelle. Les principaux soins du vignoble consistent ensuite en binages, pour détruire les mauvaises herbes et aérer le sol dans le mois de mai et de juin, et quelquefois même en août.

Variétés. Les vignerons connaissent assez bien à l'apparence du bois les variétés de la vigne que l'on cultive de préférence dans chaque localité, et dont le nombre dans tous les vignobles réunis est fort considérable : aussi serait-il impossible de donner une description exacte, et désigner par des noms spéciaux, des variétés aussi nombreuses; nous nous bornerons donc à faire connaître, sous les noms vulgaires et avec leurs caractères spéciaux, les principales variétés de nos meilleurs crûs. Relativement aux vins rouges, on distingue surtout les trois suivantes :

1° Le *noirien*, appelé aussi *pineau*, *auvernat;* c'est l'un des meilleurs plants; son sarment est menu et court ; lorsque le bois est bien mûr, il est d'un brun rougeâtre ; le raisin qu'il porte se présente en grains arrondis, peu serrés, à peau mince, d'une nuance peu foncée ; son jus est fluide et sucré : dans la Côte-d'Or, il donne sur une certaine exposition le vin de Volnay, et au Cap, il fournit le vin de Constance.

2° Le *beurot*, désigné communément aussi sous les noms de *pineau gris*, *muscadet*, etc., offre un bois plus délié encore ; les feuilles sont également plus petites; les grains de son raisin sont d'une couleur grisâtre ; leur tissu, plus serré, plus constitué, donne un jus peu abondant, mais d'un goût fort agréable ; mêlé dans la proportion d'un dixième environ avec le raisin *noir*, il donne au vin un bouquet plus fin : on le cultive en grand, surtout dans le département de l'Aube, pour cette destination.

3° Le *gamay*, qui porte le nom d'un hameau, où on le cultivait anciennement, présente de gros sarmens d'un tissu plus lâche; les feuilles larges sont duveteuses par-dessous, les grains de son raisin sont volumineux, arrondis, serrés, leur base est verdâtre et leur jus fort abondant. Ce plant convient surtout aux plaines; son produit est de cinq à dix fois plus considérable que celui du noirien cultivé sur les coteaux; il s'élève de 50 à 120 hectolitres par hectare ; dans les années chaudes, il donne du vin ordinaire de bonne qualité; son produit considérable rend souvent la culture plus profitable que celle des plants à vins fins.

Les variétés de plants à vins blancs sont analogues aux précédentes : on les désigne sous les six dénominations suivantes :

1° *Pineau*, appelé aussi *chardonet* et *cardenet :* cultivé en grand sur le territoire des communes de Pusigny, Mursaut et Montrachet; il donne notamment les trois qualités de vins connus sous ce dernier nom, et dont nous avons parlé plus haut. Sa tige est grêle, d'une nuance pâle, présentant des lignes rougeâtres ; ses feuilles sont petites, d'un vert pâle ; le raisin qu'il porte a des grains petits, jaunâtres, d'une saveur aromatique agréable; il produit peu ; le vin du meilleur crû vaut, terme moyen

au moment de la récolte, 500 fr. la barrique contenant 228 litres.

2° L'*alligotet*, variété peu estimée; toute la récolte est sujette à manquer par l'influence des pluies et des gelées : son bois est gros; les grains de son raisin sont allongés, jaunâtres; ils présentent une tache brune à leur base.

3° Le *gamay* blanc : c'est un plant vigoureux, dont le bois, d'un vert jaunâtre, présente des raies rouges; ses feuilles sont larges; les grains de son raisin, volumineux et verdâtres, donnent un jus abondant et un vin d'une qualité commune. Cette variété, dont la culture est avantageuse dans les plaines, donne lieu aux mêmes observations que celles ci-dessus détaillées, et relatives à la variété correspondante portant un raisin noir.

4° Le *melon*. Ce plant, fort analogue au précédent, produit plus encore, convient aux plaines, et donne un vin d'une qualité plus commune.

5° Le plant d'*Arbois* se distingue par des pampres allongés que l'on coupe deux ou trois fois pendant une saison : les grains de son raisin sont gros et d'une forme ovoïde; ils donnent un jus aromatique, âpre, et un vin doux et agréable. On emploie ce dernier pour l'ajouter en petites proportions dans les cuvées et leur donner un bouquet de fantaisie assez agréable. Le vin d'Arbois que l'on boit de préférence, encore doux, tient quelquefois alors en suspens assez de principes fermentescibles pour donner lieu à de légères indispositions, qui parfois en ont fait proscrire l'usage. Il convient donc d'éviter de boire ce vin lorsqu'il est encore trouble; tous les vins d'ailleurs, dans cet état, sont en général plus ou moins purgatifs.

6° Le *muscat* ou *malaga*, qui se cultive plus généralement en treilles, porte un raisin dont la saveur particulière et aromatique est très-facile à reconnaître. On en obtient, dans la Côte-d'Or, une sorte de vin de fantaisie; dans le midi, il donne un vin très-doux que l'on consomme comme une sorte de liqueur, et qui fait l'objet d'un commerce assez considérable.

Le produit des vignobles est en général sujet à divers accidens. Les pluies, les brouillards, les temps froids et humides, déterminent assez ordinairement la coulure de la fleur, l'avortement du fruit. On a recommandé, contre cet accident, l'emploi de l'incision annulaire. La fleur de la vigne est encore altérée par les effets de la gelée, et sujette à la brûlure sous l'influence d'une insolation brusque. Les larves des hannetons, appelés *vers blancs*, attaquent sous terre les racines, et notamment les radicelles et leurs *spongioles*. Ils font, en certaines années, périr un grand nombre de pieds de vigne. La seule précaution que l'on puisse jusqu'ici indiquer contre ce fléau consiste dans la destruction aussi générale que possible des hannetons. Divers autres insectes attaquent les racines et les tiges de la vigne. Les soins ordinaires de la culture diminuent les effets de ces altérations, et ont un succès bien plus certain contre l'envahissement de petits champignons et d'autres plantes parasites; mais ils s'appliquent surtout à la destruction, aussi prompte que cela est utile, des mauvaises herbes. Nous n'insisterons pas davantage sur ces détails que l'on trouvera consignés dans les divers traités d'agriculture. Nous nous occuperons maintenant à décrire les travaux de la récolte du raisin, de l'extraction du suc, de sa fermentation, de la conservation du vin, et des altérations que l'on désigne sous le nom de maladies des vins.

La vendange, dans les provinces tempérées, a généralement lieu vers la fin de septembre; son produit est en général de qualité inférieure toutes les fois que la maturité du fruit ne permet pas de faire la récolte avant le 15 ou le 20 octobre : non-seulement le moût obtenu est alors plus acide et moins sucré; mais la température atmosphérique, en général trop basse, surtout durant les nuits, s'oppose aux progrès réguliers de la fermentation. Cette dernière circonstance doit engager à clorre les halles où s'opère la fabrication du vin, afin d'éviter les changemens brusques de température, et tout en ménageant d'ailleurs des moyens de ventilation qui permettent d'expulser l'acide carbonique et d'empêcher les asphyxies que ce gaz occasionne trop souvent encore.

On choisit, autant que possible, un temps sec pour faire la vendange, lors même qu'il faut à cet effet différer de quelques jours après la maturité du raisin.

L'expérience a démontré que c'était une économie mal entendue que de donner aux vendangeurs, comme on le faisait généralement naguère, une nourriture tout-à-fait insuffisante. L'énorme consommation de

raisin qu'ils faisaient alors, et le peu de travail que permettait l'affaiblissement de leurs forces, occasionaient aux propriétaires un préjudice très-notable, en même temps qu'ils affaiblissaient les travailleurs.

On récolte en général le raisin dans des paniers en osier, et on le transporte à dos d'homme dans des hottes, assez serrées pour que le jus ne s'en écoule pas. On le verse immédiatement dans des cuves plus ou moins grandes, et l'on procède au foulage dès que la cuve renferme une couche épaisse de 35 à 40 centimètres. Cette opération se fait généralement encore par des hommes qui trépignent le raisin avec leurs pieds, et se répète plusieurs fois, d'abord au fur et à mesure que la cuve s'emplit, et ensuite lorsque la macération et un premier mouvement de fermentation ont affaibli la consistance de la peau et du tissu intérieur du raisin. Il serait avantageux d'écraser le raisin plus uniformément à l'aide d'un procédé mécanique; on permettrait ainsi à presque toutes les parties du jus de sortir à la fois, et pour le vin rouge de réagir plus également et plus long-temps sur la matière colorante adhérente à la pellicule. Il en résulte un autre avantage relativement à la fabrication du vin blanc; nous l'indiquerons plus loin.

Le seul écueil à éviter dans un écrasage mécanique du raisin tiendrait au broyage des rafles et des pépins, ce qui pourrait être avantageux relativement à des moûts trop fades et sucrés; mais en général cela donnerait au liquide une saveur trop acerbe, et quelquefois une proportion trop forte de tannin. On parviendrait sans doute à éviter cet inconvénient à l'aide de cylindres unis ou cannelés, mais assez peu rapprochés pour que les grains plus volumineux fussent rompus sans que les rafles et les pépins fussent sensiblement attaqués, la macération et le premier degré de fermentation suffisant d'ailleurs pour finir de désagréger le tissu lâche des grains de raisins seulement entr'ouverts.

On peut d'ailleurs réunir plusieurs des conditions utiles précitées en écrasant la vendange dans des baquets, et versant ceux-ci successivement dans la cuve; on conçoit qu'alors un bien plus petit nombre de grains échappent, que la macération et la fermentation sont plus simultanées.

Lorsque tout le raisin foulé est réuni dans la cuve, et que la macération, ainsi qu'un premier degré de fermentation, ont désagrégé les cellules qui renferment le suc, celui-ci réagit par son acidité sur la matière colorante adhérente aux enveloppes du raisin; une portion du tannin que renferment les pépins et les rafles se dissout aussi sous les mêmes influences. On peut laisser la fermentation continuer ses progrès sans autre précaution que celle qui consiste à faire replonger de temps à autre la couche supérieure composée de pellicules et rafles que l'acide carbonique amène à la surface. Cette opération a pour but d'empêcher les portions du jus, ainsi exposées par une grande surface à l'action de l'air, de passer à l'état trop acide et d'altérer ainsi toute la masse liquide; on a proposé, dans le même but, d'empêcher tous les corps flottans de surnager en les tenant immergés au moyen d'un grillage en bois fixé horizontalement dans la cuve après qu'elle est remplie, et plongeant de quelques pouces au dessous du niveau du liquide.

Cette disposition laisse encore un accès et une action trop facile à l'air atmosphérique, ainsi qu'aux influences des variations de la température.

On a remarqué, par exemple, que, dans les halles ouvertes, et lorsque la superficie du liquide est tout entière en contact avec l'air atmosphérique, les progrès de la fermentation sont très-variables : tantôt par un temps chaud, et lorsque le moût est à une densité de 10 à 12 degrés, la fermentation se termine en 24 ou 36 heures, tandis que par un temps froid elle est ralentie au point de durer 8 à 10 jours; dans ce dernier cas, une déperdition assez considérable a lieu; le vin s'altère et devient trop acide. Ces circonstances sont également nuisibles aux vins faibles qui éprouvent même plus fortement les altérations précitées, et aux vins forts qui restent trop long-temps troubles et sucrés.

La précaution que nous avons recommandée précédemment de tenir les cuves dans des celliers bien clos peut être très-utilement complétée par la fermenture des cuves elles-mêmes; à cet effet, un rebord intérieur reçoit un fond divisé en trois ou quatre parties, et dont les joints, assez serrés d'ailleurs, sont recouverts avec un enduit argileux. Afin de reconnaître les progrès de la fermentation, on peut adapter un tube en fer-blanc recourbé à angle droit, et formant la seule issue à la sortie du gaz : on

reconnait que celui-ci sort en plus ou moins grande abondance, ou même cesse presque entièrement de se dégager, par l'impression qu'il produit sur une flamme dune bougie que l'on en approche à dessein. (*V.* Pl. 90, fig. 9.)

Un autre moyen qui permet de juger de l'activité de la fermentation, et empêche le contact de l'air lorsqu'elle est finie, consiste à placer dans le couvercle un tube doublement recourbé, et dont la branche extérieure plonge de quelques lignes dans un vase rempli d'eau : le mouvement plus ou moins rapide des bulles qui traversent ce liquide indique l'état de la fermentation ; on conçoit d'ailleurs que l'air ne puisse rentrer tant que l'orifice du tube est couvert d'une légère couche d'eau (la fig. 10 montre cette disposition faite sur une cuve en fermentation), et mieux encore si un renflement au milieu de la deuxième branche empêche le passage de l'eau dans la cuve lorsqu'il y a absorption, ainsi que l'indiquent les figures 11 et 12, présentant ce petit appareil dans de plus grandes dimensions.

On peut enfin réaliser plus facilement encore les conditions favorables précitées à l'aide d'un usteusile désigné sous le nom de bonde hydraulique, et que M. Sébille Auger a introduit avec succès dans la fabrication des vins du département de Maine-et-Loire. La fig. 13, pl. 90 des Arts chimiques, représente cette bonde, et la même figure la montre adaptée aux tonnes qui renferment le vin soutiré. (*Voir* ci-après les détails descriptifs.)

J'avais précédemment indiqué un petit ustensile décrit dans le premier numéro de la première année du Journal de Chimie médicale, et dénommé double tube de sûreté. Il est indiqué fig. 14 ; il se compose de deux boules en verre A B, soufflées à la lampe, communiquant ensemble à la partie inférieure par le siphon renversé A C B et à la partie supérieure, l'une A avec le tonneau, cuve ou flacon contenant le liquide en fermentation, par le tube A D E F ; l'autre, avec l'air extérieur, par le tube B G H terminé en entonnoir; on verse par celui-ci un peu d'eau, en sorte que les deux boules soient au quart pleines.

On voit que si la pression intérieure augmente, le liquide de la boule A, plus pressé que celui de la boule B, reflue dans celle-ci, puis laisse le passage aux gaz de la fermentation, et réciproquement ; si une absorption a lieu, l'air extérieur presse sur le liquide de la boule B, le fait refluer dans la boule A, et rentre dans le vase en traversant cette dernière ; enfin, lorsque l'équilibre se rétablit, l'eau, toujours retenue dans les deux boules ou entre elles, ferme hermétiquement la communication.

Voulant rendre cet appareil moins fragile et le moins volumineux possible en le renfermant dans une seule enveloppe, j'imaginai d'en produire tous les effets au moyen d'une bonde creuse en fer-blanc, cuivre ou étain. La fig. 15 représente cet ustensile par une coupe dans l'axe : on voit que la bonde est séparée en deux capacités A B, au moyen du diaphragme C D ; ce dernier étant moins long que la bonde, laisse à sa partie inférieure un passage libre de quelques lignes de hauteur ; un tube E F, ouvert de deux bouts, établit une communication libre entre l'intérieur du tonneau ou de la cuve et la partie supérieure de la capacité A ; une ouverture G à la partie supérieure de la capacité B met celle-ci en communication avec l'air extérieur, et l'on conçoit que la bonde, contenant de l'eau au quart de sa hauteur, le gaz de l'intérieur du vase qu'elle bouche, de même que l'air extérieur, ne peuvent passer sans vaincre la résistance de l'eau refluée d'une capacité dans l'autre.

On peut d'ailleurs faire paraître à l'extérieur chacun de ces deux effets à l'aide d'un flotteur en liége, surmonté d'une tige. *Voy.* fig. 16. Enfin, on adapte très-facilement cette bonde à toutes les ouvertures en la faisant entrer d'abord dans une grande bonde en liége, ainsi que le fait voir la fig. 16 précitée, par deux coupes, l'une verticale et l'autre horizontale.

Un avantage de cette bonde hydraulique que les autres n'offrent pas, c'est qu'elle peut être posée non-seulement sur les cuves et tonneaux isolés, mais même sur les tonneaux qui en supportent d'autres engerbés; elle peut, en effet, être assez courte pour dépasser à peine ou point du tout les cerceaux de la pièce, ainsi que le montre la fig. 17. (On trouve chez M. Collardeau cette bonde, ainsi que l'emporte-pièce utile pour la fixer dans les broches en liége, et les autres ustensiles dont nous parlerons plus loin, pour les transvasemens et les essais des vins.)

Une autre bonde à fermeture, plus sim-

ple encore de construction, a été indiquée par M. Boudot d'Angers; elle consiste en une bonde ordinaire. (*V.* fig. 18.) Creusée à la partie supérieure en segment A, au fond duquel un canal cylindrique B communique avec l'intérieur du vase, on pose dans le creux supérieur une balle C sphérique qui vient boucher librement l'orifice du canal B, et le déplace légèrement lorsque les gaz intérieurs pressent pour s'échapper. On voit d'ailleurs que ce mode de fermeture est moins exact que les précédens; mais il est préférable à divers moyens grossiers, tels que les feuilles de vigne ou linges maintenus par un caillou ou un fragment de brique.

De quelque manière que la fermentation ait été dirigée, lorsqu'elle a cessé d'être tumultueuse, que le vin n'est plus sensiblement sucré ni trouble, on procède au soutirage. Assez ordinairement cette opération se pratique en enfonçant une manne en osier peu serré dans la cuve, et puisant le liquide qui afflue constamment dans cette manne, à l'aide de seaux que l'on porte aussitôt dans des tonneaux munis d'un large entonnoir. Il vaut bien mieux adapter une grosse cannelle près du fond de la cuve; puis à l'aide d'un tuyau en cuir, on dirige le liquide soutiré dans des tonneaux rangés de manière à ce que leur bonde se trouve de quelques pouces au-dessous du niveau de la cannelle.

Lorsque l'on a soutiré tout le vin qui peut ainsi s'écouler spontanément, on porte dans des paniers en osier serré, imperméable au liquide, tout le marc au *pressoir* (*V.* ce mot); le liquide qui s'écoule le premier avant que la pression ne soit fortement exercée, et désigné sous le nom de mère-goutte, est réparti également entre les fûts qui contiennent le vin soutiré; il convient même d'y ajouter aussi, et par portions égales, tout le vin exprimé sous une forte pression; ce dernier est plus coloré, plus acerbe; il contribue à éclaircir et faire conserver le vin soutiré. On obtient ainsi une qualité moyenne, mais on pourrait fractionner les produits successifs de l'expression; les premiers seuls qui s'écoulent rapidement et en quelques heures seraient réunis à toute la masse du vin soutiré, tandis que ceux obtenus plus lentement, plus altérés par les principes extraits des pépins et des rafles, comme par le contact prolongé de l'air atmosphérique, donneraient un vin d'une qualité inférieure.

On a proposé d'éviter le goût acerbe des rafles en égrappant au fur et à mesure de la récolte; mais l'expérience a démontré que le vin n'est pas sensiblement plus agréable, sauf celui de la dernière expression, et que cette précaution ne convient évidemment que pour les raisins dont la plupart des grains ont manqué par suite de la coulure. Alors, en effet, la proportion des rafles étant beaucoup plus considérable qu'à l'ordinaire, leur goût acerbe dominerait et rendrait le vin peu agréable.

Dans les contrées méridionales, le moût trop riche en matière sucrée pour que la fermentation marche rapidement, est assez souvent long-temps trouble et trop doux. On peut parer à cet inconvénient en entretenant la température à 15 ou 18 degrés, soit à l'aide d'un calorifère placé dans le cellier, soit en faisant circuler dans les citernes ou dans les foudres qui contiennent le vin en FERMENTATION, le tube d'un calorifère à circulation d'eau. (*Voyez* le mot et l'article INCUBATION ARTIFICIELLE, et à la fin de cet article la description des appareils de ce genre appliqués à une citerne où le vin fermente.)

Dans les contrées septentrionales ou dans les saisons pendant lesquelles la température est habituellement trop basse pour que la maturation du raisin ait produit une proportion suffisante de sucre, on obtient un vin trop léger et qui passe rapidement à l'acide. Pour éviter cet inconvénient, il convient de rapprocher à moitié, au deux tiers de son volume, une partie du moût trop faible. On augmente ainsi sa densité et la proportion de matière sucrée fermentescible, ainsi que celle de l'alcool qui en résulte, et dont la présence augmente la force du vin et assure la conservation. On conçoit d'ailleurs que la portion de moût non soumise à l'action de la chaleur retient une quantité suffisante de ferment pour développer la réaction spontanée que l'on nomme fermentation. (*Voyez* ce mot.) C'est même un des effets utiles de l'ébullition d'une partie du moût que la séparation d'une matière azotée désignée sous le nom d'albumine, qui aurait augmenté la proportion du ferment toujours trop considérable dans les moûts trop faibles.

Le rapprochement du suc de raisin doit s'effectuer le plus rapidement possible, afin d'éviter l'altération plus grande qu'il éprou-

verait sous l'influence de l'action prolongée de la température. Les chaudières à bascule, et mieux encore les appareils évaporatoires de Brame Chevallier, de Roth et de Taylor, sont très-convenables pour ces évaporations rapides. (*Voyez* l'article SUCRE, dans lequel on a donné leur description.)

Lorsqu'on ne peut avoir recours au rapprochement pour augmenter la force du moût, il convient d'ajouter trois, quatre ou cinq centièmes de sucre avant que la fermentation n'ait fait des progrès sensibles, c'est-à-dire immédiatement après le soutirage.

Nous indiquerons maintenant les principes immédiats qui se trouvent en présence lorsque les grains de raisin ont été écrasés, et les réactions qui se passent par suite de leur contact : le jus du raisin contient généralement de l'eau, du sucre, de l'acide pectique et malique, du bitartrate de potasse, du tartrate de chaux, du chlorure de sodium, du sulfate de potasse, de la matière colorante, du tannin, une substance azotée appelée albumine ou gliadine et qui paraît produire le ferment, d'une huile essentielle dans laquelle réside l'arôme du vin, d'une matière grasse fixe, de ligneux très-divisé, débris du tissu végétal, et de quelques autres matières en suspension. La matière colorante située sous la peau du raisin se dissout peu à peu dans l'eau à la faveur de l'excès d'acide : le sucre, sous l'influence de l'eau, du ferment et de la chaleur, se convertit en acide carbonique et en alcool; une petite proportion d'hydrogène, en s'unissant à l'azote du ferment, produit des traces d'ammoniaque; peu à peu la viscosité du liquide diminue soit par précipitation de la matière azotée sous l'influence du tannin, soit par la séparation de l'acide pectique que l'alcool détermine. Nous verrons plus loin comment à l'aide de la gélatine ou de l'albumine animales, on achève la clarification des vins qui retiennent un excès suffisant de tannin, et comment, avec l'ichthyocolle, on obtient un effet analogue sur les vins qui retiennent au contraire excès de ferment.

Après les réactions précitées, le vin contient de l'eau, de l'alcool, de la matière colorante, un arôme particulier et toutes les substances solubles que renfermait le jus, moins celles dont nous avons indiqué la précipitation.

La proportion d'alcool importe souvent à connaître, et notamment toutes les fois que le vin est destiné à la distillation. En général les vins de Bourgogne des bons crûs contiennent de 16 à 18 centièmes d'alcool; celui qu'on obtient du gamay récolté dans les plaines, 11 à 14 centièmes; enfin, les vins du midi en renferment de 20 à 25 pour cent également à 22 degrés de l'aréomètre Cartier. On détermine ces proportions soit dans les transactions commerciales, soit dans les opérations d'une fabrique, à l'aide de petits *appareils d'essais* désignés sous les noms d'alambics et alcoomètres, et décrits à la fin de cet article.

Les vins fins et généralement tous les vins destinés à être bus ne peuvent être appréciés que par la dégustation, et, à cet égard, il serait impossible d'établir aucune règle fixe; on peut s'étonner cependant de l'accord singulier qui a lieu entre les appréciations de qualités si diverses par les hommes habitués à ces sortes de dégustations; on les voit souvent distinguer, sans hésiter, non-seulement les vins des divers crûs, mais encore ceux des différentes années, et quelquefois même leur mélange en certaines proportions.

Parmi les crûs si renommés de la Bourgogne, on distingue principalement : 1° *les têtes de cuvées*, de Chambertin, clos de Bise, de Vougeot, de Romanée et de Richebourg; 2° la qualité immédiatement au-dessous des mêmes vins, et qu'on appelle premières cuvées; 3° la troisième qualité, désignée sous le nom de *bonnes cuvées;* 4° *les cuvées rondes :* ces deux dernières proviennent ordinairement du plant noirien cultivé sur les crêtes et les bas des côtes; 5° *le passe-tout-grain* et le *bon ordinaire* qui proviennent du mélange des noirien et gamay; 6° enfin, les *arrière-côtes* que l'on obtient de la récolte sur les revers des côtes, et dont la qualité n'est bonne que dans les années chaudes.

Vins blancs. Dans un grand nombre de crûs, les vignobles sont pour la plus grande partie consacrés à la production des vins blancs; parmi ces derniers, les vins légers exigent le plus de soins dans leur confection : aussi insisterons-nous davantage sur cette sorte de vins, qui d'ailleurs ont le plus d'importance relativement aux quantité que l'on en consomme.

On peut diviser les vins blancs de ces localités en deux grandes classes : vins pour la mer, ce sont les meilleurs, et vins pour

Paris, ce sont ceux de seconde qualité. Ces derniers proviennent, notamment dans le département de Maine-et-Loire où l'on en fait de grandes quantités, des vignes taillées à long bois (à 6 ou 8 nœuds), tandis que, pour les premiers, presque toutes les vignes sont taillées à court bois (à 1 ou 2 nœuds).

La dénomination de *vins pour Paris* (1) a été donnée à ceux de deuxième classe, parce qu'ils sont en grande partie achetés par les Parisiens. Presque tous les vins blancs de Maine-et-Loire qui vont à Paris y sont employés à faire des vins rouges, au moyen de leurs mélanges ou *cuvées* avec des vins du midi.

Nos vins de première classe ont reçu le nom de vins pour la mer, parce qu'ils sont souvent achetés par des négocians de la Hollande, de la Belgique, de l'Angleterre, etc., qui les embarquent dans les ports où leurs prix sont le plus avantageux.

Dans les climats tempérés de la France, il faut, pour avoir de bon vin, que la floraison de la vigne ait lieu de bonne heure, par exemple, avant la fin de juin; qu'elle se passe par un beau temps et surtout sans froid ni pluie; qu'elle ne dure pas plus de quinze jours et se termine partout en même temps dans le vignoble, afin de ne produire que des raisins du même âge. A l'époque où le raisin *verjus* est prêt à *tourner*, vers le 15 d'août, il est utile qu'il survienne quelques pluies, mais pas assez pour tremper profondément la terre : car alors la vigne, ayant le pied humide, continuerait à pousser, et la nourriture qu'elle puise dans la terre, au lieu de se porter au raisin, se porterait sur le bois. A quelques jours de pluie, il est donc à désirer qu'il succède de la chaleur et même un peu de sécheresse ; car, pour que le principe sucré se développe bien, il faut que la végétation diminue, et même que le bois souffre. Le vin est rarement bon quand le raisin n'est pas mûr vers le 15 d'octobre.

Si au contraire le froid et les pluies surprennent le raisin avant sa maturité, il pourrit vert ; on n'obtient qu'un moût plat et acide, plutôt fade que doux ; le peu de sucre qu'il contient étant décomposé en totalité par une fermentation très-active, il ne reste point de douceur au vin, il y a trop peu d'alcool formé, et l'absence de spiritueux et de tannin rend le vin sujet à plusieurs maladies, et surtout à la *graisse*. C'est le vin de ces mauvaises années qu'il faut améliorer en tâchant de rétablir la proportion des principes utiles, et en enlevant ceux qui ne peuvent qu'être nuisibles.

On sait que quelques raisins verts suffisent pour nuire sensiblement à la qualité d'une pièce de vin. Il faut donc, si on tient à la qualité, faire un choix dans la vigne, ne prendre dans une première tournée que les raisins bien mûrs, et laisser pour une seconde récolte ceux qui sont verts et qui feront du vin inférieur qu'on appelle vin de *tri*. Il est même avantageux de laisser quelques jours sur le cep le raisin après qu'il est mûr; il éprouve alors une seconde maturation qu'on peut comparer à celle qu'acquièrent les fruits dans un fruitier. Cette seconde maturité achève le développement du principe sucré; aussi dans les environs de Saumur est-on dans l'usage d'attendre pour vendager que la pellicule du raisin se décompose et soit déjà sphacélée. Dans d'autres pays, on cueille le raisin aussitôt qu'il est mûr, mais on le laisse avant de pressurer quatre ou cinq jours étendu sur les claies ou sur un plancher, où il devient sensiblement plus sucré.

En général, on pressure le soir toute la vendange du jour, et l'on reçoit le moût qui en vient dans les cuves séparées, où il reste en repos. Au bout de six à huit heures ordinairement, si la température dépasse 8 à 14° Réaumur, et si les raisins n'ont pas été rentrés trop froids, il se forme à la surface une écume qui augmente successivement d'épaisseur et contient une partie du ferment ou de l'albumine et des corps légers en suspension : on attend qu'elle ait acquis assez de consistance pour se fendre en diverses places; on l'enlève alors avec une écumoire, puis on la met égoutter sur des tamis ou sur une toile tendue, afin d'en extraire une partie du moût qu'elle retient encore. Quelques heures après, il se forme une nouvelle couche qu'on enlève de même, et souvent il peut s'en produire une troisième avant que la fermentation vienne se manifester. Aussitôt que l'on reconnaît le plus petit indice de fermentation vive, c'est-à-dire dès qu'on voit monter, surtout près des douves, des bulles de gaz qui font entendre un léger bruissement en s'ouvrant à l'air, il faut se hâter d'enlever la dernière écume et

(1) Ils valent dans le département précité, 10 à 12 fr. l'hectolitre. Ceux de la première qualité se vendent 60 fr., y compris la futaille.

de faire couler le moût clair dans les barriques où il doit fermenter.

Il faut éviter de mettre dans les barriques la portion trouble du moût qui s'est déposée au fond des cuves. Cette portion doit être ajoutée au vin de *tri*.

Si l'on se sert de cuves, au lieu d'écumer le moût, il serait plus commode de le soutirer dès qu'on apercevrait les indices précités de la fermentation. A cet effet, on aurait une grande cuve pourvue d'un robinet placé à un ou deux pouces au-dessus du fond.

Mais un meilleur moyen de débarrasser le moût de l'excès d'albumine et de ferment qu'il contient, c'est de le chauffer à l'aide d'une ou de deux chaudières à bascule semblables à celles des raffineurs de Sucre. (*V.* ce mot.) Ce procédé très-expéditif est peu coûteux. On peut ne chauffer, pour une barrique, que le tiers ou la moitié du moût qu'elle doit contenir, et verser cette quantité toute chaude dans la barrique qui contient déjà l'autre moitié en moût bien écumé à froid. De cette manière, la totalité du liquide acquiert une température moyenne d'environ 30° Réaumur, qui favorise et accélère la fermentation. En versant le moût dans les chaudières à bascule au sortir du pressoir, il faut le passer dans un tamis de crin, afin de retenir les grains, les pellicules et surtout les pépins qui, chauffés, pourraient développer un goût désagréable. Lorsque le moût arrive à une température de 70° centésimaux, l'écume se forme et monte à la surface; dès qu'elle a acquis une consistance suffisante, on l'enlève avec une écumoire, et on la met égoutter sur un tamis. Aussitôt que l'ébullition se prononce, on achève d'écumer, et on fait basculer la chaudière, pour la remplir ensuite de nouveau moût; celui déjà écumé donne encore des écumes à chaud. La chaudière Taylor et Martineau, chauffant à la vapeur, serait encore préférable aux chaudières à bascule. (*V.* Sucre.)

Il est important de ne jamais chauffer du moût qui commence à fermenter.

Le ferment restant, et dont il y a toujours plus qu'il ne faut, perd aussi par l'ébullition la plus grande partie de son action; en sorte que, dans le moût dont moitié a été chauffée, il ne reste de ferment actif qu'à peu près ce qu'il faut pour convertir en alcool la matière sucrée qu'il contient. Afin d'éviter les déchets, on peut soumettre à la presse les écumes enlevées soit à froid, soit à chaud, et ajouter au vin de *tri* le liquide extrait du pressurage.

Le moût ainsi écumé doit évidemment donner moins de lie que celui qui ne l'a pas été, et déjà, sous ce rapport, le vin sera plus recherché par le commerce.

Le moût, quoique d'une composition fort complexe, ainsi que nous l'avons vu, peut cependant, sous le rapport de la fermentation, être considéré comme formé principalement de trois substances, eau, sucre et ferment. C'est surtout le rapport de ces trois substances entre elles qui détermine la marche de la fermentation, et aussi, en partie, la qualité ou du moins la force du vin.

S'il y a dans le moût plus de sucre que le ferment n'en peut faire décomposer lors de la fermentation tumultueuse, et si le moût est d'ailleurs peu aqueux, la fermentation s'établit lentement, dure plus long-temps, et le vin obtenu reste doux jusqu'à ce que la fermentation insensible ait poussé la décomposition du sucre au terme convenable, ce qui peut durer pendant plusieurs années. Ce vin conserve, la première, une densité de 3 ou 4° due au sucre indécomposé; il est d'ailleurs pourvu de toutes les qualités que comporte le cru qui l'a fourni. Ce cas est celui des bonnes années, par exemple, de 1825 dans les crus tempérés.

Là, dans les années médiocres, le ferment est en excès relativement au sucre, et le moût est aussi plus aqueux. Alors la fermentation s'établit plus promptement, est plutôt achevée; la densité tombe très-vite à 0°; le vin conserve peu de douceur et l'a bientôt perdue par l'effet de la fermentation insensible.

De ce qui précède il est facile de conclure que le moût des bonnes années peut rester tel qu'il est; que celui des années médiocres doit être amélioré; que celui des mauvaises années doit l'être aussi, mais qu'il ne pourra donner, malgré les secours de l'art, qu'un vin médiocre. On peut aussi conclure de ce qui précède que les meilleurs moyens d'améliorer les vins dans les années médiocres ou mauvaises, c'est de lui enlever de l'eau, et autant que possible, du ferment et des acides. Il conviendrait aussi d'augmenter la proportion du sucre, ou plus simplement celle d'alcool, puisqu'en définitive le sucre se trouve, par l'effet de la fermentation, converti en alcool.

En écumant le moût à froid, comme nous l'avons prescrit, on lui enlève une grande partie du fermenten excès, ce qui augmente la proportion relative de sucre et retarde sa décomposition totale. En chauffant le moût, on atteint encore plus sûrement ce résultat; on débarrasse aussi le moût d'une proportion notable de ferment et d'un peu d'eau ; pour compléter son alimentation il faudrait y ajouter du sucre ou de l'alcool, quelquefois un peu de tannin, et le priver des excès des acides qui y dominent.

Cette dernière opération présente des difficultés telles, qu'on doit se borner à en enlever une très-petite partie, et même le plus souvent il vaut mieux laisser subsister la totalité. En effet les acides ne peuvent être saturés que par des bases, et si elles ne forment pas un sel soluble, il reste dans le vin, au lieu de l'acide libre qui y existait, un composé neutre et soluble qui souvent peut être plus préjudiciable que l'acide qu'on a voulu faire disparaître. La potasse, la soude ou la chaux, sont les seules bases auxquelles on puisse penser ; avec elles, on forme un molate de chaux de soude ou de potasse qui sont solubles et restent dans le vin. On convertit aussi le bitartrate de potasse en tartre neutre beaucoup plus soluble. Les vins ainsi corrigés sont moins *verts*, mais plus *plats*, plus doux, moins agréables et moins de garde que les vins naturels.

L'addition de sucre ou d'alcool est sans aucun inconvénient quand le prix du vin permet cette dépense. Le sucre conviendrait mieux que l'alcool, mais comme, lorsqu'on veut aussi que les vins soient blancs, le sucre de fécule de pommes de terre que l'on emploie si généralement aujourd'hui pour les vins rouges trop légers, ou même le sucre brut de cannes ou de betteraves, ne peuvent être employés. On doit, à bien plus forte raison, ne pas se servir de mélasse de sucre ou de sirop de raisin : le vin deviendrait tellement roux, qu'on ne pourrait le décolorer, même avec le noir d'os ou le lait employé à très-haute dose. Pour améliorer sensiblement une pièce de vin blanc de 228 litres, et lui laisser de la douceur, on ne peut y ajouter moins de douze livres de sucre, et comme ce doit être du sucre raffiné, le prix de la pièce serait augmenté d'environ dix-huit francs. Il ne faut donc point songer à ce moyen. L'alcool, s'il ne donne pas autant de douceur au vin, lui permet cependant d'en conserver, parce qu'il préserve de l'action du ferment une partie du sucre naturel du moût.

Huit litres d'alcool 3/6, quoiqu'ils ne représentent qu'environ 6 livres de sucre, suffisent cependant pour une pièce ; et comme la loi permet en France d'en employer 5 pour 0/0 du volume du vin en franchise des droits, cette addition ne coûte pas 8 francs de frais. On doit l'effectuer aussitôt que la fermentation tumultueuse est apaisée, faire arriver l'alcool au fond de la pièce au moyen d'un entonnoir à longue douille, et ensuite bien mélanger.

Huit litres d'alcool 3/6 ou 33° Cartier, représentent 6 litres 3/4 d'alcool pur ou absolu, ce qui fait environ 3 pour 0/0 du volume du vin auquel on l'ajoute. Dans les années ordinaires, les bons vins de la Bourgogne, de la Champagne et de l'Anjou, n'en contiennent guère naturellement que 12 à 14 pour 0/0 de leur volume, et les vins de deuxième qualité des mêmes crus, que 8 à 10 pour 0/0. Tout vin qui contient moins d'alcool que cette dernière proportion ne peut être d'une longue garde.

Les vins blancs que l'on croirait disposés à *graisser*, par suite d'un défaut de tannin, pourraient être préservés de cette maladie en ajoutant au moût des rafles bien mûres de raisin. Le tannin, en contribuant à la conservation des vins, les rend d'ailleurs propres à être clarifiés par la colle ou par la gélatine.

On a depuis quelques années employé les divers appareils que nous avons décrits, pour faire fermenter le moût sans le contact de l'air.

Les *bondes hydrauliques*, qui réussissent le mieux, se placent sur chaque barrique, aussitôt qu'on y a entonné le moût. Elles préviennent toute déperdition de spiritueux, et peuvent rester en place jusqu'au moment où le vin est livré à l'acheteur. Loin d'empêcher de remplir et de goûter le vin, elles rendent au contraire ces opérations beaucoup plus promptes, plus commodes et moins sales.

On doit soutirer les vins blancs aussitôt que les premières gelées les ont éclaircis, et au plus tard à la fin de la lune de février. En enlevant ainsi la lie, qui contient beaucoup de ferment, on évite, ou du moins on rend insensible la fermentation qui se rétablit au printemps, et qui, trop vive, pourrait priver le vin de toute la douceur qui lui reste, si le sucre, encore indécomposé, n'é-

tait plus qu'en trop petite proportion. Nous indiquerons plus loin les soins communs à divers vins mis en cave, et quelques moyens de prévenir ou de *guérir* leurs *maladies*.

On laisse assez ordinairement les raisins blancs subir l'action des premières gelées, afin que le tissu désagrégé en partie cède plus facilement le suc qu'il renferme, et que celui-ci soit moins exposé à être coloré par le contact de l'air et des pellicules.

Dans plusieurs localités, on ajoute du plâtre cuit en poudre fine sur les cuvées; ce sel, peu soluble dans l'eau, se dissout en plus grande proportion à la faveur de l'acide, surtout dans les vins légers. Ses propriétés antiseptiques contribuent à la conservation, et sa présence peut déterminer la précipitation de quelque matière organique; mais aussi il doit rendre la boisson moins salubre, plus difficile à digérer, car il produit des effets de ce genre dans les eau séléniteuses.

Vin mousseux. Dans la fabrication de ce vin, on emploie généralement les raisins noirs de première qualité, notamment ceux qu'on récolte sur le plant dit noirien, cultivé dans les meilleures expositions. Comme il importe beaucoup d'éviter que la matière colorante, adhérente à l'enveloppe des grains, se dissolve dans le suc, on doit obtenir celui-ci rapidement, en sorte qu'il reste le moins long-temps possible en contact avec les pellicules et la rafle. A cet effet, on le pressure immédiatement après la récolte; on se hâte, dès que l'écoulement cesse d'être abondant, de recouper le marc autour de la plate-forme du pressoir, de replacer au dessus les parties ainsi taillées, et de soumettre à une nouvelle pression. Après avoir répété cette opération une seconde fois, on doit tailler et recharger encore deux fois le marc pour l'épuiser de la plus grande partie du jus qu'il retient; mais le produit des deux dernières opérations ayant acquis une teinte rosée doit être mis à part pour servir à la confection d'une espèce particulière de vin mousseux ayant cette nuance. Quant au marc exprimé, il retient encore une assez grande quantité de suc dans des cellules non déchirées; il convient de le mélanger aux cuvées de vin rouge en le foulant avec elles. Le premier mouvement de fermentation achève de désagréger le tissu du raisin, permet ainsi au jus de s'en écouler, et la matière colorante, plus abondante dans ces marcs que dans le raisin non exprimé, ajoute à la coloration des cuvées de vin rouge, souvent trop faible en Champagne comme en Bourgogne.

Le moût sensiblement incolore, obtenu des trois premières pressions, est immédiatement versé dans des tonneaux dont on ne remplit ainsi que les trois quarts de la capacité. La fermentation ne tarde pas à s'y manifester. On a laissé continuer pendant environ quinze jours, en ménageant par la bonde entr'ouverte une issue au gaz, ou mieux, en adaptant aux tonneaux la bonde hydraulique décrite ci-dessus. (*Voyez* page 229.) Au bout de ce temps, on remplit chacun des tonneaux avec le vin de quelques-uns d'entre eux; on les bouche exactement, et l'on assujettit même la bonde à l'aide d'un bout de cerceau passé en travers et cloué sur les deux douves voisines.

On doit avoir le soin, pour contenir le moût, comme pour tous les transvasemens ultérieurs, de n'employer que des tonneaux neufs, en bois autre que le chêne, ou des barriques à vin blanc, rincées à l'eau bouillante. Ces précautions s'appliquent d'ailleurs à tous les vins blancs.

Au mois de janvier suivant, on soutire au clair, puis on procède à un premier collage à l'aide de la colle de poisson. (*V.* ICTHYOCOLLE.) Quarante jours après, on soutire et on procède à un deuxième collage; on est quelquefois obligé de répéter une troisième fois cette opération, si la lie est trop abondante.

Au mois de mai, on soutire à clair dans des bouteilles, en ayant le soin d'ajouter dans chacune d'elles une petite mesure de *liqueur*, équivalant à environ trois centièmes du volume du vin. On donne le nom de *liqueur* à une sorte de sirop que l'on prépare en faisant dissoudre du sucre candi dans son volume de vin blanc limpide.

Lorsque les bouteilles sont ainsi remplies, on assujettit les bouchons solidement, à l'aide d'une ficelle et d'un fil d'archal; on couche les bouteilles, le goulot incliné, sous un angle d'environ vingt degrés, afin que le dépôt de lie ou ferment qui se forme par suite des progrès d'une fermentation lente, s'approche du goulot et du bouchon. Au bout de 8 à 10 jours, on augmente l'inclinaison des bouteilles dans le même sens, et on la porte à environ 45 degrés : deux ou trois jours ensuite, on relève encore davantage le fond de la bouteille en lui imprimant quelques petites secousses, afin de rassem-

bler le mieux possible le dépôt sur le bouchon.

Les bouteilles sont alors maintenues dans une position verticale, le goulot dirigé vers le bas. Un ouvrier habile les prend sous le bras les unes après les autres; il retire peu à peu le bouchon sur lequel le dépôt a été rassemblé, et laissant un instant une partie de la section entr'ouverte, il parvient à laisser expulser, par l'effet de la pression intérieure, le dépôt, sans faire écouler une grande quantité de liquide, et en resserrant le bouchon aussitôt que ce dégorgeage est fait. Si le vin est encore troublé ou nuageux dans la bouteille, on doit ajouter, avec une nouvelle dose de liqueur, une petite quantité de *colle*, et, dans tous les cas, il faut replacer la bouteille dans la situation verticale, le col dirigé vers le bas. On prend encore les mêmes précautions pour rassembler une deuxième fois le dépôt sur le bouchon, en sorte qu'au bout de deux à trois mois, on puisse procéder à un nouveau dégorgeage : alors si l'on trouve que le vin n'est pas assez doux ou mousseux, on doit y ajouter encore une dose de liqueur; il faut même quelquefois pour réunir les qualités voulues, c'est-à-dire obtenir un vin suffisamment mousseux, légèrement doux et très limpide, faire dégorger jusqu'à trois fois et opérer trois additions de liqueur.

Le vin mousseux, préparé comme nous venons de le dire, depuis très long-temps en Champagne, et seulement depuis quelques années dans plusieurs autres localités, et notamment en Bourgogne, est ordinairement bon à boire au bout de 18 à 30 mois, suivant que la saison a fait faire des progrès plus ou moins rapides à la fermentation.

On recherche dans ces sortes de vins non seulement une grande diaphanéité et un bouquet agréable, mais encore une légèreté qui jusqu'ici ne s'est pas réalisée au même degré qu'en Champagne, du moins réunie aux deux premières qualités : aussi les crus de cette province conservent-ils la faveur commerciale dont ils étaient en possession depuis si long-temps.

Parmi les causes du prix élevé des vins mousseux, on doit ajouter aux frais considérables de main-d'œuvre qu'ils nécessitent, des chances énormes de déperdition, non-seulement par suite des alternations que ces vins sont sujets à éprouver, mais encore par la fracture des vases qui les contiennent. Nous avons vu en effet, en traitant de la fabrication du vin (voyez plus haut), que la casse des bouteilles renfermant des vins mousseux s'élève en général de quinze à trente-trois pour cent ; on conçoit qu'elle augmente de toute cette valeur perdue le prix du vin échappé à la déperdition. Nous répéterons ici qu'il serait d'une haute importance, dans l'intérêt du perfectionnement de la fabrication des bouteilles, autant que dans l'intérêt des fabricans de vin de Champagne, que ces derniers stipulassent dans leurs marchés avec les verriers la garantie d'une résistance de toutes les bouteilles à une pression de 15 à 18 atmosphères. Une faible augmentation de prix suffirait sans doute pour obtenir cette garantie, et elle serait très largement compensée par une énorme diminution dans les chances de casse (1). Quelques tentatives en ce sens, faites récemment, paraissent donner la certitude que la déperdition qui, dans les plus mauvaises circonstances, s'est élevée jusqu'à 60 pour cent, pourrait alors être réduite à 4 ou 5 centièmes.

On pourrait peut-être parvenir à réduire de beaucoup les chances de casse, en essayant de conduire la fabrication, avant la mise en bouteilles, dans des vases en bois, solidement cerclés en fer, jusqu'au moment du dernier dégorgeage ; il serait jusqu'alors facile, à l'aide de tubes communiquant à un manomètre, de régulariser la pression, et les bouteilles n'auraient plus à supporter que la dernière, qui n'est ni la plus forte ni la plus inégale.

On pourrait encore essayer de fabriquer ou d'éclaircir complètement le vin sans pression, puis d'y ajouter artificiellement, comme dans les préparations des EAUX MINÉRALES factices, la dose convenable d'acide carbonique. Nous ne faisons qu'indiquer ces objets de recherches, non encore réalisés en pratique.

Conservation des vins. Les vins forts, c'est-à-dire riches en alcool, de même que ceux dans lesquels le tannin abonde, se conservent très facilement ; ils résistent aux longs transports, durant lesquels des varia-

(1) Le prix des bouteilles à vins mousseux est déjà plus élevé que celui des bouteilles à vins ordinaires : les premières se vendent 24 fr. le 100 les meilleures et 18 fr. la qualité inférieure, tandis que les bouteilles ordinaires valent, dans les mêmes endroits, 16 fr. le 100 de première qualité, et 13 à 14 celles de deuxième choix.

tions de température et des secousses, ou un mouvement presque continuel, mettent le ferment en suspension, raniment la fermentation qui était ralentie. La plupart, comme les vins du midi et les vins de Bordeaux, sont même améliorés ainsi parce qu'ils arrivent plus vite à ce terme des réactions spontanées, que le goût général fait préférer ; c'est alors que la saveur sucrée n'est plus perceptible, que des matières organiques, une partie du bitartrate de potasse, etc., se sont précipitées ou ont été entraînées avec l'excès de tannin par les derniers collages ; qu'enfin l'alcool, plus abondant et le goût aromatique (ou le bouquet), n'étant plus masqués par tant d'autres saveurs étrangères, apparaissent plus agréables.

Quant aux vins faibles des mauvais crus, ils doivent être consommés dans les 12 ou 15 mois, à dater de leur extraction, et durant cet intervalle de temps, l'excès d'acide qu'ils renferment les préserve d'autre altération ; on a toutefois le soin de les maintenir dans des caves fraîches, pour éviter que leur acidité n'augmente, et on commence à les boire dès que la fermentation tumultueuse ayant cessé, ils ont pu être clarifiés. Ce sont les vins intermédiaires entre ces deux sortes, dites vins légers et vins fins, qui exigent le plus de soins pour leur conservation, et qui sont le plus sujets à des altérations désignées sous le nom de *maladies*.

Les vins blancs doivent être gardés en tonneaux constamment pleins et soigneusement mis à l'abri du contact de l'air, ou n'y rester dans les transvasemens que le moins long-temps possible, car, outre la déperdition qui en résulterait comme pour les vins rouges, une altération spéciale aux vins blancs les déprécierait bien davantage : c'est une coloration brune ou jaunâtre, qui paraît tenir à une sorte d'altération d'une matière végétale, altération que l'on observe dans le suc des pommes, de divers fruits, et d'autres parties des plantes.

La plupart des vins blancs légers ne sont agréables à boire que lorsqu'ils ont encore une saveur sensiblement douce ; il faut donc éviter que la fermentation trop complète ne fasse disparaître tout le sucre, et, à cet effet, les tenir dans des caves les plus froides possibles; un des moyens accessoires employés généralement à cet effet consiste à brûler une MÈCHE SOUFRÉE dans la barrique vide ; à chaque soutirage, l'acide sulfureux qui se forme se condense en partie dans le vin que l'on y verse; il suspend la fermentation (*V.* MUTAGE), et contribue à prévenir la coloration brune ou jaune.

Cette opération se pratique en accrochant le quart au plus d'une mèche à un fil de fer long de 12 pouces, et dont l'autre bout est fixé dans un bondon en bois : on allume ce morceau de mèche soufrée, on l'introduit avec le fil de fer dans la pièce vide, par la bonde, qui se trouve incomplètement fermée par le bondon; une portion de l'air échauffé sort, et la plus grande partie de l'acide sulfureux reste dans la pièce, soit à l'état de gaz, soit condensé sur les parois humides.

Dès que la combustion de la mèche est arrêtée, on ôte celle-ci, puis on bouche hermétiquement le tonneau, si l'on n'est pas prêt à soutirer du vin dedans.

Quelquefois il arrive que la mèche s'éteint dès qu'on la plonge dans le tonneau vide ; c'est, disent les tonneliers, parce que la pièce est gâtée, et que si l'on y entonnait du vin, il contracterait un mauvais goût. Le plus prudent est en effet de rebuter de telles pièces, ou de les réserver pour des vins communs que l'on n'y verserait encore qu'après avoir fortement et plusieurs fois rincé le tonneau à l'eau bouillante avec une chaîne.

On parvient encore à enlever le goût désagréable que des moisissures ont en général occasionné dans les pièces vides qui présentent le phénomène ci-dessus décrit, en les imprégnant d'une solution d'acide sulfurique (un verre ou environ 300 grammes dans un litre d'eau), l'on agite dans tous les sens, afin que l'acide touche toutes les parois intérieures, puis on rince fortement à plusieurs reprises avec de l'eau bouillante.

En général les caves où l'on conserve le vin doivent, par la masse du sol qui les entoure, présenter une température basse, mais surtout peu variable ; il convient qu'elles soient éclairées au nord, qu'un dallage ou un carrelage sur béton ou bitume permette de les laver et d'éviter ainsi l'excès d'humidité que les matières organiques divisées, la *boue*, etc., entretiendraient ; d'éviter encore que des secousses y soient fréquemment produites par le roulement des voitures sur un pavé voisin. Ces mouvemens vibratoires imprimés hâtent sa fer-

mentation et dépassent le terme convenable. On dit qu'une cave soumise à cette influence avance le vin : on n'y peut garder long-temps que des vins assez spiritueux ou astringens.

Soutirage des vins. Une température basse, comme au moment d'une petite gelée, favorise cette opération en faisant cesser les mouvemens de fermentation ; on y procède surtout vers la fin de février pour les vins légers ; quant aux vins forts, on ne les soutire qu'au bout d'un an ou dix-huit mois, afin de les *laisser plus long-temps sur la lie;* c'est-à-dire en contact avec plus de ferment, et de favoriser ainsi les progrès d'une fermentation souvent trop lente.

Pour soutirer le vin d'une pièce dans l'autre, on se sert de grosses cannelles droites. (*V.* pl. 95, fig. 1), sur la tête desquelles on peut frapper à coups de maillet, soit afin d'enfoncer par l'autre bout dans la pièce une broche en bois, cylindrique, restée d'un soutirage précédent, soit pour achever de perforer le trou qui vient d'être à cet effet presque entièrement percé avec un vilebrequin à grosse mèche.

Avec cette cannelle, en y adaptant un petit tuyau coudé, fig. 2, on soutire dans des brocs qu'on va porter dans le tonneau à remplir. Cette méthode, encore très-usitée, est défectueuse : chaque fois que l'on ferme la cannelle pour changer de broc, il s'opère dans la pièce un choc en retour du liquide dont on arrête ainsi brusquement le mouvement, et on trouble le vin.

On peut économiser de la main-d'œuvre, en même temps que l'on évite l'inconvénient précité, en adaptant à la cannelle le bout légèrement conique, en bois ou mieux en cuivre, B, fig. 3 qui termine un tuyau de cuir. On introduit l'autre bout dans la bonde de la pièce vide, si celle-ci peut être placée au-dessous de la première, et, dans le cas contraire, on adapte l'autre bout du tuyau en cuir à une cannelle semblable posée à la pièce vide, (*v.* la fig. 3), et en ouvrant les deux cannelles on conçoit que le liquide se mette de niveau dans les deux fûts sans autre main-d'œuvre.

Pour achever le soutirage, on adapte la tuyère d'un soufflet sur la pièce à vider, comme le montre la même figure, et l'on insuffle de l'air dont la pression refoule le vin dans la deuxième pièce; d'ailleurs le passage de l'air dans le tuyau avertit que le soutirage est fini, et l'on ferme aussitôt les cannelles.

Ce moyen peut même s'appliquer aux transvasemens des foudres, contenant jusqu'à 100 barriques ou environ 23,000 litres dans divers fûts.

On préfère aujourd'hui, relativement aux transvasemens entre les pièces de jauge ordinaire, les Siphons de M. Collardeau, pl. 95, fig. 10.

Mise en bouteilles. On doit toujours coller le vin avant de le soutirer en bouteilles, afin d'éviter qu'il ne dépose ; pour les vins fins où le tannin manque, et surtout les vins blancs, on se sert de colle de poisson (*v.* Ichthyocolle) battue, détrempée à froid, malaxée dans l'eau, passée au travers d'un linge, et délayée dans du vin blanc ; les vins rouges ordinaires se collent avec l'albumine des œufs; on bat bien à cet effet, avec des verges, six blancs d'œufs dans deux ou trois fois leur volume d'eau ; puis on jette le tout dans la pièce dont on a tiré préalablement 2 ou 3 litres; on introduit un bâton, dont le bout fendu en quatre, s'écartant dans le vin, facilite l'agitation que l'on doit opérer vivement et dans tous les sens; on remplit la pièce avec le vin qu'on en avait tiré, puis on laisse en repos jusqu'au moment de la mise en bouteilles, c'est-à-dire pendant 6 ou 15 jours, suivant que la température est plus ou moins basse. (*V.* Clarification.)

On emploie de préférence, pour coller les vins forts, surtout ceux qui sont acerbes ou durs par l'effet du tannin, un demi-litre de sang de mouton ou de bœuf battu tout chaud, et l'on opère comme nous venons de le dire. Cette forte proportion d'albumine rend le vin moins dur; il peut même être utile, afin d'augmenter cet effet, de coller ainsi plusieurs fois de suite.

Enfin, on se sert encore, pour coller les vins rouges surtout les plus astringens, de colle forte ou gélatine exempte de mauvaise odeur : on en fait dissoudre à chaud 25 grammes dans environ 200 grammes d'eau ; puis on mêle cette solution avec un demi-litre de vin, et on jette le tout dans la pièce en opérant comme relativement à la colle de poisson.

Remplissage. Cette opération, qui a pour objet de compenser les déperditions ordinaires de la transpiration du bois et des coulages accidentels, est encore utile pour prévenir la coloration des vins blancs, la formation d'une certaine quantité d'acide ou de moisissures, toutes altérations qui pour-

raient résulter d'une *vidange* prolongée dans les pièces.

Maladies des vins. On désigne ainsi plusieurs altérations accidentelles auxquelles il est important de remédier.

1°. *La pousse.* C'est le nom que l'on donne à un mouvement de fermentation tumultueuse qui se manifeste quelque temps après que le vin a été mis en barriques. Lorsque, dans ce cas, celles-ci ont été hermétiquement closes, il peut arriver que la pression intérieure augmente au point de faire rompre les cercles ou d'entr'ouvrir les douves de fond en forçant les barres qui les traversent. On ne s'aperçoit quelquefois de cet accident que lorsqu'une ou plusieurs barriques ont ainsi fait une sorte d'explosion, et laissé perdre une grande partie ou la totalité du vin qu'elles contenaient. Les appareils de sûreté que nous avons décrits plus haut, et surtout les bondes hydrauliques, préviennent constamment cette cause de déperdition. Toutefois, lorsqu'on aperçoit la fermentation tumultueuse se reproduire à cette époque, il convient de la faire cesser, de peur que ses progrès rapides n'enlèvent au vin toute la matière sucrée et le fassent passer à l'*amer*. On arrête la fermentation en transvasant le vin dans des barriques fortement imprégnées d'acide sulfureux à l'aide d'une mèche soufrée; on y parviendrait mieux encore sans doute en ajoutant au vin un millième de sulfite de chaux. Enfin il paraît que l'on réussit encore à suspendre la fermentation en ajoutant dans chaque barrique une demi-livre de semence de moutarde.

Dans tous les cas, il convient de coller les vins de cette nature aussitôt que la fermentation a été apaisée, afin d'enlever le ferment en suspension, qui est la principale cause de l'accident précité.

2°. *Passage à l'acide.* On désigne ainsi le développement d'un excès d'acide dans le vin; ce phénomène est dû soit à une trop faible proportion d'alcool, soit à la température trop élevée de l'air des caves, soit à des secousses répétées, soit, enfin, au contact de l'air lorsque les pièces sont restées en vidange ou débouchées. Le meilleur moyen de pallier le mauvais effet produit consiste à couper le vin acide avec son volume d'un vin plus fort et moins avancé, coller ce mélange, le tirer en bouteilles, et le consommer le plus promptement possible, car il est d'expérience qu'un tel vin n'est plus de garde.

Cette maladie du vin a donné lieu autrefois à des accidens fort graves, par suite de l'addition de litharge faite dans le but d'adoucir le vin; mais on produisait ainsi un sel (l'acétate de plomb) doux à la vérité, et qui changeait complètement la saveur aigre, mais dont l'action vénéneuse est bien connue. Des règlemens de police et la surveillance éclairée du conseil de salubrité ont fait complètement cesser cet abus. La saturation de l'acide par les bases alcalines est sujette à d'autres inconvéniens dont nous avons parlé à l'occasion du vin blanc.

3°. *Graisse des vins.* On dit que les vins *tournent au gras* lorsqu'ils acquièrent une consistance visqueuse. Ils deviennent alors tout-à-fait impropres à servir de boisson. Long-temps on a ignoré la véritable cause de ce singulier phénomène. M. François, pharmacien de Nantes, est parvenu à la découvrir; il a démontré qu'elle tenait à la présence d'une matière azotée, analogue à la gliadine, et, en effet, ce sont les vins blancs, surtout ceux qui contiennent le moins de tannin, qui sont sujets à cette maladie. Le même chimiste fut naturellement porté à en chercher le remède dans une addition de matière astringente. Sans doute le tan, la noix de galle, le bablak et toutes les substances riches en tannin, eussent produit l'effet désiré; mais il fallait éviter d'ajouter une matière dont la saveur désagréable nuisît à la qualité du vin. M. François est parvenu à ce résultat en employant des sorbes (fruit du sorbier) lorsqu'elles sont le plus astringentes, c'est-à-dire un peu avant l'époque de leur maturité. Voici comment on opère : on écrase dans un mortier une livre de ces fruits que l'on jette dans une barrique contenant le vin filant, ou dans laquelle on a transvasé les bouteilles qui le renfermaient; on agite vivement et à plusieurs reprises, puis on laisse reposer pendant un jour ou deux. Alors le tannin, s'unissant à la substance azotée, l'a séparée du liquide auquel elle communiquait la viscosité. On clarifie avec de la colle de poisson, comme nous l'avons dit plus haut, et l'on tire en bouteilles le vin, qui a repris toute sa fluidité, et qui n'est plus sujet à la même maladie. On arriverait probablement au même résultat en employant des pépins ou des rafles écrasés.

4°. *Vin passé à l'amer.* Cette maladie résulte d'une fermentation trop complète,

car il paraît que les bons vins, quelque vieux qu'ils soient, ne doivent jamais avoir épuisé toute leur substance fermentescible; du moins est-il certain que la fermentation, complétée par toutes les circonstances les plus favorables, donne toujours un vin de mauvais goût et souvent très-amer. Le meilleur moyen de remédier à ce défaut, du moins en partie, consiste à mélanger ces vins avec leur volume d'un vin analogue, mais plus nouveau. On colle ensuite, puis on soutire en bouteilles.

5°. *Goût de fût.* Les vins acquièrent souvent, dans des fûts qui sont long-temps restés vides, cette saveur désagréable par suite du développement des moisissures. Il est ordinairement difficile, et quelquefois impossible d'enlever entièrement ce goût désagréable; l'un des moyens qui réussissent le mieux consiste, après avoir changé la pièce, à agiter fortement dans le vin environ une livre d'huile d'olive fraiche. Il paraît qu'une huile essentielle, principale cause du mauvais goût, est entraînée à la superficie par l'huile ajoutée, et qu'ainsi le goût désagréable qu'elle occasionnait diminue beaucoup.

Nous présenterons, en terminant, quelques considérations relatives au produit de l'industrie qui nous occupe. Le revenu des vignobles, et même leur valeur foncière, sont chez nous au-dessous du taux naturel : suivant une moyenne de cent treize ans, on a calculé qu'un hectare de vigne dans le cru de Volney, produit annuellement 1779 litres de vin qui, vendus à raison de 0 fr., 877 (200 fr. la pièce de 228 lit.), donnent la somme de 1672 fr., d'où, déduisant pour les frais et contributions 572 fr., il reste en produit net 1,100 fr.; et comme la valeur du fonds peut être estimée à 23,000 fr., c'est un revenu de 5 p. °/o au plus du capital. Le produit net moyen, dans les crus de Baune, Nuits, etc., n'excède pas 600 fr., et représente seulement 2 1/2 p. °/o du capital.

Les questions économiques de la culture des vignes, de la fabrication et du commerce des vins, préoccupent vivement les esprits en France; il est certain que les intérêts de ces industries agricoles et manufacturières sont gravement compromis par suite des difficultés de transports en certaines localités et des entraves aux débouchés extérieurs; dans toutes, en effet, les droits élevés sur les fers, aciers, plombs, sur la houille et divers autres produits et matières premières, s'opposent aux échanges que nous aurions cependant grand intérêt à faire de ces marchandises, trop coûteuses chez nous, contre nos vins en général trop abondans.

Au reste, cet état de choses, protégeant quelques industries qu'il importe de perfectionner chez nous, ne peut durer qu'un temps limité; et, en définitive, nos vignobles, évidemment favorisés par des circonstances naturelles, n'ayant à redouter aucune concurrence réelle, mais seulement des obstacles factices et instables, ne peuvent manquer d'acquérir tôt ou tard les avantages que la nature leur a dévolus, et d'offrir un jour les moyens les plus incontestables et non contestés d'échange avec les nations étrangères.

Nous décrirons, à la fin de cet article, quelques ustensiles que nous avons seulement indiqués, et nous renverrons, pour le traitement ultérieur des vins à distiller ou à convertir en vinaigre, comme pour les applications des marcs, dépôts (lies, tartre), sarmens, etc., aux articles spéciaux intitulés ACIDES ACÉTIQUE, TARTRIQUE, ACÉTATES, ALAMBICS, ALCOOL, DISTILLATION, CENDRES GRAVELÉES, NOIR DE VIGNE, PIQUETTE, TARTRATE DE POTASSE, VERDET, VERT-DE-GRIS, VINAIGRE, etc.

Nous ajouterons toutefois qu'une industrie toute récente, et qui paraît présenter quelques chances de succès, a pour but la fabrication d'un *gaz-light* (*V.* ÉCLAIRAGE AU GAZ), en calcinant en vases clos les pépins de raisins extrait des marcs. On conçoit, en effet, que l'huile contenue dans ces graines peut ajouter au gaz de la matière ligneuse qui s'y trouve aussi, assez d'hydrogène carboné pour rendre la flamme du mélange très-lumineuse; mais la lumière, ainsi obtenue, sera-t-elle autant ou plus économique que celle produite par les gaz de la houille, de l'huile de résine, etc.? C'est une question intéressante que nous ne pouvons résoudre en ce moment faute de données suffisantes.

Vins médicinaux. On donne ce nom à des solutions employées en pharmacie, et dont le vin est l'excipient.

Dans la préparation des vins médicinaux, on doit avoir le soin de bien choisir le vin qu'on emploie : il doit être d'une limpidité parfaite, avoir une couleur franche, une odeur suave, un goût agréable, être miscible à l'eau sans se décomposer ni se troubler.

Les vins, relativement à cette application, peuvent être divisés en deux classes : les vins étrangers et les vins français. On doit se procurer les premiers (notamment ceux de *Malaga* et de *Madère*) naturels et de bonne qualité. Parmi les seconds, il faut choisir ceux qui sont généreux, c'est-à-dire riches en alcool.

Les vins médicinaux ne peuvent contenir que des matières solubles dans l'eau et dans l'alcool faible; ils sont simples ou composés. Les vins médicinaux simples sont ceux qu'on prépare avec le vin et une seule substance; les vins composés sont préparés avec plusieurs substances.

On confectionne les vins médicinaux, soit en faisant infuser ou macérer les substances médicamenteuses dans des vins d'une qualité convenable, soit en ajoutant au vin, au moment où on l'administre, une proportion déterminée d'une *teinture* préparée d'avance. Cette méthode fut vivement recommandée par Parmentier, et le conseil de santé des armées s'occupa, en 1799, de la soumettre à un examen minutieux : il fit préparer autant de teintures qu'il y a de vins médicinaux dans le formulaire des hôpitaux militaires. Il paraît que les essais ont été très-favorables, car les formules pour la préparation des vins par cette méthode ont été publiées dans le *Code pharmaceutique à l'usage des hospices civils*, ouvrage publié à Paris par ordre du ministre de l'intérieur.

Cependant on n'a point abandonné la méthode de préparation des vins par macération, et l'on a soin, lorsqu'on la met en usage, d'observer les règles suivantes : 1° On doit en général employer des plantes ou des produits secs, les substances humides ajoutant de l'eau au vin, ce qui le rendrait susceptible de s'altérer plus promptement. On fait cependant une exception pour les plantes *antiscorbutiques*, qui perdraient de leurs propriétés par la dessiccation.

2° Lorsqu'on emploie des plantes ou des substances humides ou fraîches, on compense, par une addition d'alcool, l'humidité qu'elles ont fournie.

3° On doit opérer en vaisseaux clos, pour conserver l'arome des substances (le bouquet) et le principe spiritueux du vin.

4° Après la macération, on ne doit pas employer une trop forte expression, de peur de charger le vin de matières mucilagineuses.

5° On doit, autant que possible, filtrer les vins dans les entonnoirs fermés, et les conserver, lorsqu'ils sont filtrés, dans des flacons bien bouchés et toujours pleins : le vin contenu dans des bouteilles qui sont en vidange se trouble spontanément et s'aigrit. Nous donnerons ici les principales formules pour la préparation des vins médicinaux les plus usités, renvoyant, pour des notions plus détaillées et plus complètes, soit au Codex, soit au Dictionnaire des drogues de MM. Chevallier, Richard et Guillemin.

Vin d'absinthe (*Formule de M. Boudet*). Sommités sèches d'absinthe, 32 grammes (1 once); vin de Chablis, 500 grammes (1 livre). On triture les sommités d'absinthe avec le vin blanc dans un mortier de marbre; on presse le mélange et l'on filtre. Ce vin se prend à la dose de 16 à 48 grammes (de $\frac{1}{2}$ once à 2 onces.)

Vin antiscorbutique (*Codex*). Racine de raifort sauvage fraîche et coupée en petites rouelles minces, 32 grammes (1 once); feuilles fraîches de cochléaria, de cresson de fontaine, de trèfle d'eau, de chacune 16 grammes (4 gros); graines de moutarde entières, 16 grammes (4 gros); hydrochlorate d'ammoniaque, 8 grammes (2 gros); vin blanc de bonne qualité, 1000 grammes (2 livres). On fait macérer le tout dans un vase couvert pendant 36 heures (et mieux pendant 4 jours), en agitant de temps à autre. Cet espace de temps étant écoulé, on passe en exprimant très-légèrement; on filtre, et l'on ajoute teinture alcoolique de cochléaria, 16 grammes (4 gros); la dose ordinaire est de 32 à 96 grammes (1 à 3 onces).

Vin d'opium composé (*laudanum liquide de Sydenham*). Opium choisi et coupé par tranches, 64 grammes (2 onces); safran, 32 grammes (1 once); cannelle, 4 grammes (1 gros); gérofles en poudre, 4 grammes (1 gros); vin de Malaga, 500 grammes (1 livre). On met toutes ces substances en contact, et on laisse en macération pendant 15 jours, en remuant de temps en temps; on passe en exprimant fortement, et l'on filtre; 20 gouttes de laudanum Sydenham pèsent 7 décigrammes et demi (15 grains), et contiennent environ 5 centigrammes (1 grain) d'opium en dissolution. Cette préparation ne doit être délivrée que sur l'ordonnance d'un médecin.

Vin d'opium préparé par fermentation. (*Gouttes de Rousseau, laudanum de l'abbé Rousseau.*) Miel blanc, 384 grammes (12 on-

ces); eau de rivière chaude, 1500 grammes (3 livres). On verse le miel fondu dans un matras; on ajoute l'eau, puis on met le tout dans un endroit chaud. Dès que ce mélange commence à fermenter, on y ajoute, opium choisi, 128 grammes (4 onces) dissous dans 384 grammes (12 onces) d'eau. On laisse fermenter le tout pendant un mois, à la température de 30° centésimaux; on passe la liqueur, on la filtre, puis on la fait rapprocher jusqu'à ce qu'elle ne pèse plus que 320 grammes (10 onces.) On passe de nouveau, et l'on ajoute alcool à 32°, 144 grammes (4 onces et demie); on conserve dans un flacon bouché à l'émeri. On pourrait activer la fermentation en ajoutant au mélange 4 grammes (1 gros) de *levure* ou *ferment de bière ;* 20 gouttes de laudanum de Rousseau pèsent 11 décigrammes (22 grains) : elles tiennent en solution 15 centigrammes (3 grains d'opium); 7 gouttes de cette préparation peuvent être regardées comme contenant 5 centigrammes (1 grain) d'opium.

Vin de quinquina. Ce vin peut être préparé en employant divers vins naturels. Aussi demande-t-on souvent dans les officines les *vins de quinquina au Bordeaux, au Malaga, au Madère :* ces vins, préparés avec les vins très-chargés de matière colorante sont moins actifs, une partie des alcalis végétaux du quinquina se précipitant pendant la préparation du médicament (Henry).

Vin de quinquina (Codex). Écorce de quinquina gris ou jaune si le praticien prescrit ce dernier, 250 grammes (8 onces). On réduit l'écorce en poudre, on l'introduit dans un matras, et l'on verse dessus alcool à 22°, 500 grammes (1 livre); on agite et on laisse macérer pendant 24 heures, en remuant de temps à autre : on ajoute alors, vin rouge généreux, 3 kilogrammes (6 livres); on fait macérer pendant 4 jours, agitant de temps en temps : on passe et l'on filtre la liqueur, que l'on conserve dans des bouteilles bien bouchées.

Vin de quinquina (Parmentier). Vin rouge, 1 kilogramme (2 livres), teinture de quinquina de 32 à 80 grammes (de 1 à 2 onces et demie.)

Vin de quinquina au Malaga. Quinquina gris ou jaune, 128 grammes (4 onces); vin de Malaga généreux, 1500 grammes (3 livres). On fait macérer pendant 8 jours; on passe, on filtre et l'on conserve. Le vin de quinquina se prend à la dose de 32 à 64 grammes (1 à 2 onces).

Vin de rhubarbe. Rhubarbe en poudre, 32 grammes (1 once); cannelle blanche, 5 grammes (1 gros); vin d'Espagne, 500 grammes (1 livre). Faites macérer pendant 8 jours, exprimez et filtrez.

Vin scillitique. Squammes de scille, 32 grammes (1 once). On les broie avec un pilon de bois, puis on les fait macerer pendant 12 heures dans un vase de verre, avec 500 grammes (1 livre) de vin de Malaga. On passe, on filtre, puis on conserve à la cave, en bouteilles hermétiquement bouchées.

P.

VINS (*Essai des*). Pour connaître la quantité d'alcool contenu dans les vins, on a proposé l'emploi d'un *œnomètre* ou *pèse-vin.* C'est un *aréomètre* ordinaire dont la tige déliée rend les degrés très-étendus; ils sont divisés chacun en dix parties.

Plongé successivement dans des vins de diverses qualités, cet ustensile s'y enfonce d'autant plus, toutes choses égales d'ailleurs, que les vins sont plus alcooliques, et pourrait procurer des données comparables et utiles, si les autres principes, constituant des vins, étaient toujours dans la même proportion; mais les vins renferment des sels en proportions variables, du sucre et d'autres matières qui augmentent la densité du liquide que l'alcool tend à diminuer; en sorte que tel vin, contenant plus d'alcool qu'un autre, pourra contenir aussi une proportion plus forte de sels et de matière sucrée, et marquer un degré moindre au pèse-vin; on le supposerait donc contenir moins d'alcool, quoique effectivement il en contînt davantage. Aussi le pèse-vin est-il, sous ce rapport, un instrument défectueux.

Le meilleur procédé, pour connaître la proportion d'alcool contenu dans un vin, consiste à en distiller une petite quantité. En 1818, M. *Descroisilles* avait imaginé, pour ce genre d'essai, un petit alambic. Depuis, M. Gay-Lussac a fait quelques modifications à ce procédé et à la disposition de l'appareil qui en rendent l'exécution plus facile et les résultats plus immédiatement comparables. Maintenant on le trouve ainsi perfectionné chez M. Collardeau, rue Saint-Martin, n° 56.

Il se compose d'une petite cucurbite en cuivre, ouverte à sa partie supérieure. Cette ouverture est destinée à recevoir l'extrémité B du tube C, qui se contourne en spirale dans le réfrigérant D, et se termine en E. (Voir pl. 95, fig. 4.)

A cet alambic sont jointes deux cloches à pied M et N (fig. 5). La plus grande M est graduée en 300 divisions qui représentent 150 millilitres. La deuxième est également divisée en millilitres, et porte environ 180 divisions, dont 100 représentent 50 millilitres.

Pour se servir de cet alambic, on verse d'abord du vin dans la grande éprouvette jusqu'à la division 300; on introduit cette quantité de liquide dans l'alambic, puis on y adapte le réfrigérant que l'on maintient en serrant la vis. L'alambic lui-même est placé dans un cylindre en tôle G, échancré, faisant office de fourneau, et le tout est chauffé à l'aide d'une petite lampe à esprit de vin H.

L'éprouvette N, placée au-dessous du réfrigérant, reçoit le produit alcoolique distillé. Il faut avoir soin, pendant la distillation, de tenir de l'eau froide dans le réfrigérant, et d'humecter continuellement la toile dont le tube B C se trouve enveloppé. P est une espèce de gouttière destinée à conduire dans un petit réservoir l'eau qui pourrait s'écouler du tube. On arrête la distillation lorsqu'on a recueilli dans l'éprouvette N précisément le tiers du vin employé, c'est-à-dire lorsque le liquide s'élève à la division 100. On reconnait alors la richesse alcoolique de ce produit, au moyen de l'ALCOOMÈTRE centésimal, et comme la quantité distillée qui contient tout l'alcool, n'est que le tiers du volume du vin employé, en divisant par 3 le nombre qui la représente, on a celle du vin soumis à l'essai.

Si, par exemple, en agissant ainsi, on obtenait d'un vin essayé 100 parties d'alcool à 30° de l'alcoomètre centésimal, à la température de 12° 1/2 Réaumur, on en conclurait que la richesse alcoolique de ce vin serait de 10°, c'est-à-dire qu'il contiendrait 10 pour 100 d'alcool.

On voit que ce mode d'essai, donnant immédiatement la proportion d'ALCOOL absolu contenu dans le vin, il sera facile d'en conclure la quantité d'eau-de-vie à un degré quelconque qu'il pourra fournir.

S'il arrivait que, par défaut d'attention, on eût recueilli dans l'éprouvette N une quantité d'alcool plus grande que 100 divisions, il ne serait pas nécessaire de recommencer l'expérience; mais il faudrait, après avoir reconnu à l'alcoomètre la richesse du produit, diviser la quantité recueillie par le nombre qui exprime le rapport du volume du produit distillé à celui du vin. Si, par exemple, on a recueilli 106 divisions du produit alcoolique, contenant 30 centièmes d'alcool pur, c'est-à-dire marquant 30° à l'alcoomètre, on aura 106 trois centièmes au lieu de 100; et au lieu de prendre le tiers, il faudra diviser 106 par 300 et multiplier par 30; la richesse du vin sera donc exprimée par

$$\frac{106}{300} \times 30 = 11,66 \text{ (1)}.$$

Vin (Falsification des). Au nombre des falsifications, nous ne comprenons pas ces mélanges entre vins naturels de qualités différentes, qui se pratiquent journellement chez les marchands de vins en détail, et auxquels ils donnent le nom de *cuvées*. Ces mélanges, qui sont destinés à être bus dans un court délai, ne peuvent avoir sur la santé aucun résultat fâcheux, bien différens en cela des vins frelatés par l'addition de substances étrangères aux vins naturels qui, la plupart, ont sur l'économie animale une action plus ou moins nuisible.

Les altérations de cette nature se réduisent en général à l'emploi d'un petit nombre de substances, destinées la plupart à saturer en partie l'acide acétique du vin, lorsqu'il dépasse la proportion ordinaire, ou à augmenter l'intensité de sa couleur. Les vins qui ont subi cette espèce de falsification, à l'aide de sels alcalins (carbonate de potasse, de soude de chaux), ont presque toujours une saveur âpre et désagréable, quoique ordinairement on soit dans l'habitude de les réchauffer par l'addition d'une petite quantité d'eau-de-vie.

On reconnait le vin dont on a saturé l'acide par le carbonate de chaux, à ce qu'il donne constamment un précipité d'oxalate

(1) Le petit alambic que nous venons de décrire peut servir à plusieurs autres usages, et, par exemple, à des essais sur la distillation des fleurs, à l'appréciation de la quantité d'alcool que l'on peut retirer du marc de raisin ou des pâtes de pommes de terre fermentées, lies de vin, etc. Dans ce cas, on fait usage, pour éviter qu'une partie de la matière ne soit brûlée, d'un petit disque en cuivre jaune, percé de trous comme une écumoire, et l'on ajoute en plusieurs fois une quantité d'eau suffisante pour qu'il en reste un excès après l'opération. On fait aussi une addition d'eau, si l'on doit essayer une liqueur plus riche en alcool que les vins ordinaires, et, si l'on a ainsi doublé le volume du liquide, on doit doubler le résultat alcoolique.

de chaux lorsqu'on y verse une certaine proportion d'oxalate d'ammoniaque. A la vérité, le vin naturel, contenant aussi une petite quantité de tartrate de chaux, donnerait également lieu à un précipité ; mais, dans ce dernier cas, le dépôt est à peine sensible, tandis que, dans le premier, il est très-abondant (1).

Lorsqu'on suppose que l'acide du vin a été saturé par la potasse ou par la soude, il faut en évaporer une portion à siccité, mais sans torréfaction, puis traiter le résidu à froid par l'alcool à 40°, et évaporer cette solution à siccité ; si l'acide du vin a été neutralisé avec la potasse, le résidu du liquide alcoolique contiendra de l'acétate de potasse reconnaissable à sa saveur piquante, à sa propriété d'attirer l'humidité de l'air, et surtout de répandre des vapeurs d'acide acétique lorsqu'on verse dessus de l'acide sulfurique ; enfin, de donner, par la calcination, du carbonate de potasse. En outre, la solution peu étendue de l'acétate de potasse donne un précipité abondant de crême de tartre si l'on y verse de l'acide tartrique en excès.

Lorsqu'au contraire le vin aura été adouci par la soude, les réactifs que nous indiquons pour reconnaître l'acétate de potasse ne donneront que des résultats négatifs. Dans ce cas, au lieu de traiter le résidu de l'évaporation du vin par l'alcool à 40°, il faudra le traiter par l'alcool à 22° qui dissoudra l'acétate de soude. Par l'évaporation, on obtiendra un sel qui, délayé dans l'eau, filtré et rapproché lentement, donnera des cristaux d'acétate de soude d'une saveur légèrement amère et piquante. Ces cristaux, traités par l'acide sulfurique, devront répandre l'odeur piquante de l'acide acétique. Exposés à la chaleur, ils se fondront dans leur eau de cristallisation, puis éprouveront la fusion ignée, et enfin ils devraient se décomposer et se transformer en carbonate de soude. Le résidu de cette calcination, traité par l'eau, donnera une solution alcaline qui, par l'évaporation et le refroidissement, laisserait des cristaux de CARBONATE DE SOUDE reconnaissables à leur saveur alcaline, à leur action sur la teinture de violettes ou de tournesol rouge, à l'effervescence qu'y déterminent les acides, et à ce que leur dissolution ne produit pas de précipité avec l'acide tartrique ni d'hydrochlorate de platine.

Vins adoucis par la litharge. On a conseillé différens procédés pour reconnaître la présence de la litharge dans le vin. Le procédé qui réussit constamment et ne laisse aucune incertitude sur la présence du plomb consiste à évaporer à siccité une portion du vin que l'on veut essayer, chauffer même assez fortement le résidu pour le charbonner, triturer ensuite ce résidu avec deux fois son poids de nitrate de potasse, et décomposer le mélange par la chaleur en le projetant par petites portions dans une capsule ou creuset de platine chauffé au rouge. Le nitrate brûle le charbon et le plomb qui pourraient y exister (2). Lorsque la matière a cessé de fuser, on traite le résidu par l'eau aiguisée d'une petite quantité d'acide nitrique pur et faible, jusqu'à ce qu'il soit entièrement dissous. On obtient ainsi une dissolution presque incolore, dans laquelle on reconnaîtra la présence du plomb, si elle précipite en blanc, par les sulfates et carbonates de soude de potasse et d'ammoniaque ; en jaune, par le chromate de potasse, et en noir par l'hydrogène sulfuré et les hydrosulfates.

Coloration artificielle des vins. On admet assez généralement que la plupart des vins rouges doivent en partie leur couleur à des matières colorantes étrangères. S'il est vrai que, dans quelques contrées, on emploie à la coloration des vins des baies de sureau, d'ièble ou de troëne (3), il ne l'est pas moins

(1) Afin d'être certain que le précipité fourni par l'oxalate d'ammoniaque est bien réellement dû à la chaux qui aurait été employée à la saturation de l'acide du vin, il faut évaporer une portion de ce dernier, de manière à le réduire au huitième de son volume environ, puis verser sur le résidu deux fois son volume d'alcool à 22°, on séparera de cette manière le sulfate et le tartrate de chaux qui auraient pu exister dans le vin, et l'on dissoudra l'acétate. Si l'on évapore avec précaution à siccité la dissolution alcoolique, et qu'on délaie le résidu dans l'eau, la nouvelle solution filtrée devra précipiter abondamment par l'oxalate d'ammoniaque, et présenter les autres caractères de l'acétate de chaux.

(2) Si la matière, après cette première déflagration, était encore fortement colorée en brun, on devrait y ajouter une nouvelle portion de nitrate et calciner de nouveau.

(3) On prépare effectivement dans une partie de la Champagne, avec les baies d'ièble, de sureau, de troëne et d'airelle, les mûres et les prunelles, une liqueur fermentée destinée à augmenter la couleur des vins. Cette liqueur porte le nom de *vin de Fismes*.

que les marchands préfèrent souvent faire usage des vins d'Auvergne, de Languedoc et de Rousillon, pour réchauffer la couleur des vins et pour colorer les mélanges qu'ils destinent à être vendus au détail.

La grande analogie qu'offre la matière colorante des vins avec les matières colorantes que nous avons citées plus haut, et plus encore les variations que présente dans ses propriétés la matière colorante du vin naturel selon les circonstances locales, la durée de la fermentation, etc., rendraient très-douteux les résultats des essais tentés pour les distinguer. On ne peut donc ajouter beaucoup de confiance aux divers moyens proposés pour distinguer les vins colorés artificiellement de ceux qui n'ont que la coloration naturelle aux variétés des fruits de la vigne. P.

Voici la description de plusieurs ustensiles dont nous avons parlé dans le cours de cet article.

La fig. 19, pl. 90, montre le bondon vu en plan. Le cercle pointé *aa* est la partie inférieure et la plus étroite de la virole qui entre dans le trou de la bonde du tonneau.

Le cercle *bb* est la partie supérieure et la plus large de cette virole; il représente aussi le cylindre qui s'élève au milieu de l'entonnoir et sert à retenir l'eau lors des absorptions causées par le changement de volume ou de température du vin; *b' b''* est le rebord qui termine le cylindre.

Le cercle *ee'* représente la base de l'entonnoir, et *dd'* l'ouverture qui est terminée par le rebord *d'dd''*.

Le cercle pointé *ee'* est la projection du couvercle.

La projection verticale ou coupes sur la ligne A B du plan sont en élévation sur la fig. 13. Les mêmes lettres s'appliquent aux mêmes objets dans les trois figures.

La fig. 3 montre la virole *a b*, qui entre dans le trou de bonde; le cylindre *bb*, qui en est une prolongation, et l'entonnoir *d*, *c*, *c'*, *d'*, qui contient l'eau, formant la clôture hydraulique.

La virole est percée, vers sa circonférence, de quatre trous et fentes *m*, qui servent à donner passage à l'air sortant du tonneau, quand on le remplit. Sans ces ouvertures, lorsque le liquide toucherait le bas de la virole, l'air, emprisonné entre la surface du liquide et la paroi du tonneau, ne pourrait s'échapper; il deviendrait aussi impossible de remplir complètement le tonneau.

La ligne pointée *o*, *o'*, indique le niveau de l'eau que l'on met dans l'entonnoir.

La même montre le couvercle enlevé au-dessus du cylindre; quand la bonde est fermée, le bord de ce couvercle repose sur l'entonnoir *i*,*i*.

On voit en *n* des trous percés circulairement au-dessus du rebord du couvercle; c'est par ces trous que l'air pénètre dans le tonneau, lorsque le *vide*, la diminution de pression qui s'y fait, équivaut à une colonne d'eau plus haute que le cylindre *b*,*b*. L'introduction de quelques bulles d'air établit l'équilibre, et l'eau retombe dans l'entonnoir.

Lors de la fermentation, l'acide carbonique se dégage par ces mêmes trous *n*, au travers de l'eau, quand celle contenue entre le cylindre et l'intérieur du couvercle est refoulée jusqu'en *i*, et se trouve en dehors du couvercle dans l'entonnoir.

Cuves, citernes et foudres à fermentation, chauffés. Les fig. 6, 7, 8 et 9, pl. 95, représentent ces grands vases dans lesquels la fermentation est à volonté excitée et soutenue à l'aide de la chaleur; précaution utile surtout lors d'un certain abaissement de la température, et relativement aux moûts naturellement sucrés, ou dans lesquels une addition de matière sucrée a été faite. La citerne en pierre, vue en élévatioa, fig. 6, et en coupe, fig. 7, est en grande partie enterrée; la cuve, fig. 8, et le foudre, fig. 9, sont munis, comme cette citerne, d'un appareil à circulation d'eau; les mêmes lettres indiquent, dans les 4 figures, les mêmes parties de cet appareil de chauffage. (*V.* pour plus de détails les articles Calorifère et Incubation.) On voit que dans chacune il se compose 1° d'une chaudière A, de la partie inférieure de laquelle part un tuyau adapté par une bride *b* à un prolongement *c*, *d*, *e*, qui circule dans l'intérieur du vase (et immergé dans le moût lorsque la fermentation doit s'opérer); il revient au dehors s'adapter à un ajutage E, fixé à la partie supérieure de la chaudière ou au tuyau qui la surmonte. Lorsque le tuyau est horizontal, on doit y adapter, près du double coude, un petit réservoir à robinet H, dans lequel l'air et les gaz puissent s'accumuler sans interrompre la circulation.

Lorsque l'on veut communiquer de la chaleur au moût, l'appareil précité, chau-

dière et tuyaux, étant au préalable complètement remplis d'eau, on met le feu sous la chaudière, et dès lors l'eau échauffée, par conséquent plus légère, s'élève du fond, et est remplacée par l'eau affluente du tuyau inférieur; l'eau ascendante s'introduit dans le tuyau supérieur E; de là naît la circulation, qui continue tant que le feu est entretenu dans le foyer et communique graduellement l'élévation de température voulue.

Ce mode de chauffage n'a pas les inconvéniens d'élever trop ni trop brusquement la température, de coaguler l'albumine, ni d'altérer le ferment; il ne peut laisser craindre les mêmes irrégularités sous l'influence des soins, de temps à autres interrompus, que les appareils à vapeur ou air chaud.

Nous avons vu qu'un autre moyen d'échauffement des moûts s'emploie lorsque l'ébullition, qui sépare une grande portion de la matière azotée, n'est pas un inconvénient, du moins si l'on ne chauffe ainsi qu'une partie, un tiers ou un quart par exemple du moût, et que l'on entretienne ensuite la température à l'aide des cuves closes ou des halles bien fermées dont nous avons parlé.

Quelques outils, relatifs à la fabrication et au transvasement des vins, ont été perfectionnés récemment par M. Collardeau, rue du faubourg Saint-Martin, 56. Nous les décrirons dans un supplément à la fin de ce volume.

Nous indiquerons en terminant ici une nomenclature générale des vins des crûs les plus estimés dans le commerce : ce sont, pour la France, 1° les vins rouges de *Bourgogne*, de *Chambertin*, du *Clos-Vougeot*, de la *Romanée*, de *Richebourg*, de *Vosne*, *Nuits*, *Pomard*, *Volnay*, *Beaune*, *Savigny*, *Meursauts*, *Migrenne*, *Coulanges*, *des Torins*; les meilleurs vins blancs de la même localité sont ceux de *Montrachet*, *Combotte*, *Goutte-d'Or*, *Tonnerre*, *Chablis*, *Pouilly*, etc.

2° Les vins blancs de Champagne des crûs d'*Aï*, de *Syllerie*, *Mareuil*, *Aveney*, *Damery*, *Hautvilliers*, *Dizy*, *Épernay*, *Cramant*, *Avize*, *Dumesnil*, et les vins rouges de *Verzy*, *Verzenay*, *Mailly*, *Saint-Bas-le-Bouzy*, *Saint-Thierry*, *Cumières*, *Chigy*, *Ludes*, *Taisy*.

3° Les vins rouges de Bordeaux qui ont un bouquet agréable et une sorte d'âpreté légère caractéristique; les plus estimés proviennent des clos de *Lafitte*, de *Latour*, *Château-Margaux*, et des vignes du *Haut-Brion*; les bonnes qualités secondaires sont celles de *Margaux*, *Saint-Julien*, *Saint-Estèphe*, *Pouillac*, *Talens*, *Pessac*, *Mérignac*; la même localité donne les vins blancs de *Villenave-en-Rioms*, *Blanquefort*, *Graves*, *Sauterne*, *Barzac*, *Breignac*, *Pontac*, *Langon*, etc.

4° Quelques vins du Périgord, dits de la *Terrasse*, *Pécharmont*, *Campréus*, *Bergerac*, et les vins blancs de *Montbasillac*, *Saint-Nessans* et *Sancé*.

Les vins du *Dauphiné*, de l'*Hermitage*, de *Tain*, *Crozes*, *Merceurol*, *Revantin*.

5° Dans le Lyonnais, on cite les vins de *Sainte-Colombe*, *Côte-Rôtie*, *Condrieux*.

6° Les vins rouges très-alcooliques du Languedoc, parmi les plus fins et les plus estimés, sont ceux de *Tavel*, *Lirac*, *Saint-Geniès*, *Saint-Laurent-de-Carnols*, *Cornas*, *Saint-Joseph*, et les vins blancs liquoreux de la même province dits *muscats de Frontignan* et de *Lunelle*; enfin, les vins mousseux et non mousseux de *Saint-Péray*.

7° Les vins rouges très-foncés en couleur de la *Provence*, de *la Gaude*, *Saint-Laurent*, *Cagnes*, *Saint-Paul*, *la Malgue*, et quelques vins *cuits* très-estimés.

8° Les vins du Béarn, notamment ceux des vignobles de *Jurançon* et de *Gan*.

9° Les vins de *Collioure*, de *Bagnols* et de *Colperon*, en Roussillon, très-foncés en couleur et spiritueux; le *muscat* de *Rive-Saltes*, l'un des meilleurs vins de liqueur.

10° Plusieurs autres vignobles estimés en France, tels que ceux de *Chenas* et *Fleury*, dans le Beaujolais; de *Chanturgues*, près Clermont en Auvergne; le *cap Breton*, *Messange* et *Vieux-Bouceau* dans la Guyenne, *Turckeim*, *Biquewir*, *Ribauvillé*, *Ruffac*, *Molsheim*, en Alsace.

Parmi les vins étrangers, ceux dits de liqueur, en Espagne, connus sous les dénominations d'*Alicante*, de *Tinto*, *Rota*, *Malaga*, *Xérès*, *Paxaret*, *Grenache*, etc.

En Portugal, les vins de *Porto*, *Setuval* et *Lamalonga*, ont une certaine réputation; ils sont surtout utilisés pour l'exportation, et plus particulièrement en Angleterre, dans ce pays où les produits de nos vignobles trouveraient un débouché plus important encore, si les moyens d'échanges étaient bien réglés par les lois de douane.

Les vins de liqueur en Italie ont une grande renommée; au premier rang on

place ceux dits de *Lacryma-Christi*, obtenus près du Vésuve; puis les vins blancs et rouges des environs du lac Averne, royaume de Naples; ceux d'*Albani*, *Montefiascone*, *Montalcino*, *Riminese*, *Ponti*, *Stephano* en Toscane; *Malvoisie*, de *Canelli* et *muscats* de Cambave, en Piémont; le *Malvoisie* des îles Lipari; les *muscats* de Syracuse, en Sicile.

Le vin le plus fameux en Europe est celui de *Tokai*, récolté sur un coteau, en Hongrie; mais il est réservé pour les caves de l'empereur, et le commerce n'en reçoit qu'une deuxième qualité des vignobles voisins.

Les îles de Chypre, Malvasia, dans la Morée, Candie, Ténédos, Santorin, dans l'Archipel, produisent de très-bons vins de liqueur.

En Asie, beaucoup de localités offriraient de bons vignobles, si la religion des peuples ne s'opposait à la culture de la vigne; cependant on cite les vins de *Chiraz*, *Skamaki*, *Yessed*, en Perse; ceux de la vallée de Cachemire (empire des Afghans) et de Lahor (Indoustan).

Les vignobles du cap de Bonne-Espérance, et surtout celui de *Constance*, planté par les Européens, ont une réputation méritée. Il en est de même des crûs de plusieurs îles de l'Afrique, et notamment du vin de Madère. Sans doute nos cultures d'Alger fourniront dans quelque temps de nouveaux vignobles estimés.

Nous croyons devoir rapporter ici une table de M. Brande, sur la quantité moyenne d'alcool contenu dans diverses espèces de vins; elle indique la quantité d'alcool à 0,825 de densité que 100 parties de vin contiennent.

Pour en ramener les nombres à exprimer de l'alcool absolu, dont la densité à 15° 5 est de 0,793, il faudra les multiplier par 0,92.

La proportion d'alcool, que contient un vin du même pays, varie d'environ 1/10 autour de la moyenne, rapportée dans la table, pour la même année, et quelquefois pour 1/8 pour des années différentes. (*Voyez* le tableau à la page suivante.)

Nous terminerons par quelques détails sur les moyens proposés par M. Collardeau pour éviter au commerce, sinon la totalité des pertes qu'il éprouve par la casse des bouteilles, au moins, pour en diminuer l'importance.

Nous donnons, dans la planche 95 des Arts chimiques, l'appareil pour mesurer la résistance des bouteilles et autres vases de verre destinés à contenir les liquides sujets à la fermentation. La fig. 11 représente une pompe aspirante et foulante; *a a* support en fonte, *y y* croisillon en fer servant de pied, *e* tuyau d'ascension. Le col de la bouteille pleine d'eau est serré par les branches *o* de la griffe; on fait agir la tige *c* du piston de la pompe au moyen du levier *d*, et l'eau refoulée dans le tuyau *b c* arrive dans le chapeau *f*, *g* soupape, *h* levier inférieur.

Le jeu de ces pièces résulte d'un système d'autres pièces qui est indiqué par les figures 12, 13, 14, 15 et 16.

NOMS DES VINS	Proportions d'alcool sur 100 parties de vin en volume.	NOMS DES VINS.	Proportions d'alcool sur 100 parties de vin en volume.
Lissa.	25,41	Barsac.	13,86
Vin de raisin sec. . . .	25,12	Tinto.	13,30
Marsala.	25,09	Champagne.	13,80
Madère.	22,27	Champagne mousseux. .	12,61
Vin de groseilles. . . .	20,55	Hermitage rouge. . . .	12,32
Xérès	19,17	Grave.	13,37
Ténériffe.	19,79	Frontignan.	12,79
Colares.	19,75	Côte-Rôtie.	12,32
Lacryma-Christi.	19,70	Vin de groseilles à maquereau.	11,84
Constance blanc. . . .	19,75	Vin d'oranges fait à Londres.	11,26
—— rouge. . . .	18,92	Tokay.	9,88
Lisbonne.	18,94	Vin de baies de sureau (elder-wine).	9,87
Malaga (de 1666). . . .	18,94	Cidre le plus spiritueux. .	9,87
Bucellas.	18,49	Cidre le moins spiritueux.	5,21
Madère rouge.	20,35	Poiré.	7,26
Muscat du Cap.	18,25	Hydromel.	7,32
Madère du Cap.	20,51	Ale de Burton (bière). .	8,88
Vin de raisin.	18,11	Ale d'Edinburg. . . .	6,20
Carcavello.	18,65	Ale de Dorchester. . . .	5,56
Vidonia.	19,25	Moyenne.	6,87
Alba-Flora.	17,26	Bière forte brune (brouwn-stout.).	6,80
Malaga.	17,26	Porter de Londres. . . .	4,20
Hermitage blanc. . . .	17,43	Petite bière de Londres. .	1,28
Roussillon.	18,13	Eau-de-vie.	53,39
Claret ou vin de Bordeaux.	15,10	Rhum.	53,68
Malvoisie de Madère. . .	16,40	Genièvre (gin).	51,60
Lunel.	15,52	Wiskey d'Écosse (eau-de-vie de grains.). . . .	54,32
Chiras.	15,52	Wiskey d'Irlande. . . .	53,90
Syracuse.	15,28		
Sauterne.	14,22		
Bourgogne.	14,57		
Hock (vins du Rhin). . .	12,08		
Nice.	16,43		

Voyez comme complément de cet article, les mots FERMENTATION, BOISSON, ALCOOL, ICHTYOLLE et CLARIFICATION P.

VINAIGRE. On nomme ainsi le liquide acide que l'on obtient par une certaine altération du vin, et par extension on a donné le même nom à l'acide faible obtenu de la fermentation de diverses boissons ou liqueurs fermentées, notamment des CIDRES, BIÈRES, moûts de grains germés, de mélasse et sirops étendus; enfin on appelle encore vinaigre l'acide plus ou moins impur ou épuré qui résulte de la distillation du bois. (*V.* ACIDE ACÉTIQUE.) Nous nous occuperons ici des vinaigres proprement dits, et d'abord de la préparation du vinaigre dans les vignobles: voici comme cela se pratique à Orléans.

On dispose dans un cellier, chauffé à volonté comme une ÉTUVE, de chaque côté, une rangée de tonneaux engerbés deux ou trois les uns sur les autres; chacun d'eux est perforé d'un trou de cinq centimètres de diamètre près de la partie supérieure de chaque fond. On préfère les tonneaux qui sont imprégnés de vinaigre.

Lorsqu'un vinaigrier veut commencer une opération, les vaisseaux (tonneaux de 400 litres) étant bien lavés, on y verse une certaine quantité, environ 100 litres du meilleur vinaigre que l'on puisse se procurer, et que l'on a porté préalablement à la température de 35 à 40 degrés.

On chauffe l'atelier à 300 centésimaux; on ajoute dans chacun des vases 10 litres de vin soutiré à clair d'une grande cuve, remplie de copeaux de hêtre, sur lesquels la filtration et un dépôt s'opèrent, en même temps

que le liquide est exposé à l'air par une grande surface. Tous les huit jours on ajoute 10 litres du vin jusqu'à ce que les vaisseaux soient remplis près des trous des fonds. Quinze jours après, on tire un tiers de la quantité de vinaigre que l'on remplace par une proportion égale de vin ajouté par 10 litres, tous les huit jours, et préalablement aussi passé sur des copeaux de hêtre, et on continue l'opération de la même manière sans interruption.

Un vaisseau ainsi monté peut durer huit à dix ans, sans que l'on soit obligé de le vider pour en retirer la *mère*. Le vinaigre de vin blanc est le plus estimé; on peut d'ailleurs décolorer le vinaigre de vin rouge par le CHARBON ANIMAL, lavé préalablement à l'acide; enfin, on enlève une partie de la couleur, en même temps que l'on clarifie le vinaigre, en versant dans une pièce de 230 litres un litre de lait écrêmé, agitant vivement et laissant déposer.

Ce procédé ne diffère de celui publié par Dingler, qu'en ce qu'on se sert dans celui-ci de l'alcool faible au lieu de vin et de vinaigre, et que l'opération est singulièrement hâtée par le contact multiplié que l'on procure au liquide avec l'air des vaisseaux, en les faisant passer sur des copeaux de bois de hêtre. Mais on pourrait se servir de vin, de bière et d'autres liqueurs fermentées, comme l'indique M. Dingler; seulement il serait nécessaire d'arrêter de temps à autre l'opération pour nettoyer les copeaux.

Ce procédé étant encore trop peu connu, nous croyons utile de le décrire ici.

On se sert d'eau-de-vie à 0,940 de densité (18 à 19° Cartier), et on opère à une temtempérature de 37 cent. environ : des tonneaux de 5 à 6 hectolitres de capacité sont remplis de copeaux de hêtre qui doivent être tassés et non foulés; on verse dans chacun d'eux avec un arrosoir 18 litres d'eau-de-vie, contenant de 22 à 25° cent. d'alcool, et autant de ferment. Douze heures après, on soutire le liquide et on se sert de l'arrosoir pour le verser de nouveau sur les copeaux; douze heures après, on arrose les copeaux avec un litre et demi d'eau-de-vie et autant de ferment, et ainsi de suite; après quarante-huit heures l'acétification est achevée.

Les tonneaux doivent être munis de couvercles fermant bien. On ne laisse qu'une seule ouverture sur le côté, près de la bonde, pour permettre le renouvellement de l'air, sans lequel l'acétification n'aurait pas lieu.

Les copeaux de hêtre et particulièrement de hêtre rouge, dont on se sert, sont ainsi préparés : On fait bouillir les morceaux de bois dans l'eau où on les laisse tremper 24 heures, et on en fait des copeaux de 1/2 ligne d'épaisseur.

Pour disposer les vaisseaux, on les remplit de copeaux que l'on tasse sans les fouler. On les arrose avec douze litres de bon vinaigre; on élève la température de l'atelier à 32 degrés; on soutire chaque douze heures le liquide pour le verser de nouveau sur les copeaux; ils sont alore prêts à servir à l'acétification. On pourrait aussi faire bouillir les copeaux dans du vinaigre; mais ce procédé serait moins économique.

On acidifie facilement en 48 heures, par ce procédé, 24 litres de liquide composé de 18 litres d'eau, 3 d'eau-de-vie et 3 de ferment; mais si l'on emploie 20 litres d'eau-de-vie, 20 de ferment et 100 d'eau, et en faisant 3 arrosemens par jour, on acidifie le tout en huit jours.

Le ferment se prépare avec 75 livres de seigle moulu grossièrement, et 25 d'orge germé que l'on délaie, puis que l'on brasse avec 260 litres d'eau, maintenue à 80 cent. pendant 3 heures; on ajoute alors 434 d'eau froide.

On fait arriver l'eau chaude dans la cuve; on brasse le mélange; on couvre et on abandonne le tout pendant une demi-heure; on brasse alors fortement et fréquemment pendant deux heures et demie, et on introduit peu à peu la quantité d'eau froide en agitant toujours, et on met en levain avec 4 litres de levure. Quand le mouvement tumultueux de la fermentation alcoolique est terminé, on tire au clair, puis on verse la liqueur dans un tonneau, en y mêlant, par exemple, de l'eau-de-vie à 18 ou 19° Cartier. Ce liquide peut se conserver huit jours; on doit donc en préparer seulement la quantité utile pour une semaine.

Cadet-Gassicourt indique l'emploi et les proportions de diverses substances dont on peut se servir pour transformer l'alcool en acide acétique, et il résulte de ses essais que l'alcool faible est facilement transformé en vinaigre sous l'influence du mucilage, de la levure, de l'empois et de *l'extractif* : il annonce que, pour se procurer du vinaigre dans toutes les localités, un procédé, qui réussit très-bien, consiste à faire un des

mélanges suivans : eau, 2145, sucre, 245, gomme, 61, levure, 20, à la température de 20° environ; la fermentation commence le jour même, se termine en quinze jours environ, et donne un vinaigre très-fort, d'où l'alcool précipite 30,6 de gomme; ou un autre mélange formé, par la même quantité d'eau, de 306 grammes de sucre, 12,25 de mucilage, et 20 à 22 de ferment : la fermentation s'établit dès le premier jour, et, au bout de douze, elle est terminée, et donne un vinaigre très-fort, d'où l'on peut précipiter une petite partie du mucilage qui n'a pas disparu.

M. Chaptal indique le procédé suivant pour obtenir du vinaigre : 1 litre d'alcool à 12° 15 grammes de levure et un peu d'amidon converti en empois; en 5 jours, à une température convenable, on obtient un bon vinaigre; presque tout d'alcool a disparu, pourvu qu'il y ait eu contact de l'air.

Un litre d'eau, 25 grammes de levure et un peu d'empois, produisent aussi du vinaigre à-peu-près dans le même temps, mais l'acidité est beaucoup moins forte (1).

M. Mitscherlich a fait connaître à Paris que, dans beaucoup de villes d'Allemagne, on ne fabrique pas autrement le vinaigre qu'en faisant couler lentement d'un réservoir, par le moyen d'une corde de chanvre, dans des tonneaux fermés, un mélange d'alcool à 54 degrés centésimaux, une partie; eau, 9 parties, et ferment (soit de l'extrait de pommes de terre), dont la petite quantité est loin de pouvoir représenter l'acide acétique produit. Ces tonneaux sont munis de tubes, au moyen desquels on y entretient un courant d'air non interrompu; et la fixation de l'oxigène est tellement accélérée, que la température s'élève rapidement de 10 à 30°; mais on la fixe à 20 environ pour la meilleure réussite de l'opération, en fermant une partie des tubes qui apportent l'air. Cette opération peut donc être regardée comme une véritable combustion.

M. Aubergier de Clermont, voulant apprécier ce qui se passe dans l'acétification du vin, a rempli de rafles nouvelles un tonneau défoncé de la contenance d'un hectolitre et l'a empli ensuite aux 7/8 de moût de raisin, dont il a soutiré tous les matins un 1/2 litre qu'il reversait sur les rafles. Lorsque la fermentation alcoolique fut achevée, la masse resta en stagnation pendant six jours, après lesquels elle s'échauffa de nouveau très rapidement, et l'arrosement fut renouvelé trois fois par jour avec une plus grande quantité de liquide; huit jours après, le liquide soutiré n'offrait encore aucune trace d'acidité, tandis que la surface était convertie en vinaigre. Depuis, l'auteur a observé le même fait, non-seulement dans ses expériences, mais encore dans des foudres de vin passant à l'aigre. Toujours il a vu l'acidité commencer par la superficie et descendre peu-à-peu jusqu'au bas; lorsque l'acétification a été complète, les rafles se sont refroidies, mais avant qu'elles le fussent entièrement, le vinaigre fut soutiré et remplacé par du vin; alors la rafle s'échauffa de nouveau, etc. Cette opération, continuée pendant 3 mois, a produit 450 litres de très-bon vinaigre, et l'auteur pense qu'il aurait pu en fabriquer toute l'année avec le même succès, car la dernière opération fut encore plus prompte que les autres, en ajoutant dans son procédé (un tonneau rempli de rafles de raisin) une certaine proportion d'alcool au vin ou au vinaigre (par exemple un litre d'esprit trois-six sur 6 litres de vin ou de vinaigre; il est arrivé à donner à son produit plus du double de la force du vinaigre d'Orléans. Ce procédé simple d'exécution pourrait offrir quelques avantages, surtout pour une fabrication d'une échelle peu étendue.

Les fabricans de vinaigre sont quelquefois étonnés d'avoir des mères qu'ils appellent paresseuses, parce qu'elles suspendent tout-à-coup leurs fonctions. On a fait remarquer que cela n'est pas très-étonnant d'après la facilité avec laquelle cette stagnation peut être provoquée par un courant d'air froid dirigé sur un tonneau par des portes entr'ouvertes ou mal jointes, ou bien encore si la fermentation se trouve trop avancée, que le mouvement soit presque achevé, et que l'on mette du vin dont la température soit beaucoup moins élevée que celle de la *mère*. Il n'en faudra pas davantage pour ralentir et même anéantir la fermentation. Afin de prévenir ce désagrément, il faut continuellement observer la marche de l'acétification, éviter l'impression froide de l'air ambiant, et avoir du vin de quelques

(1) M. Chaptal a remarqué que des vins très-vieux qui ont déposé une grande partie de la substance azotée qu'ils renfermaient passent très-difficilement à l'aigre; mais ils deviennent susceptibles de s'acidifier très-promptement, quand on les fait macérer sur des feuilles ou des ceps de vigne, etc., etc.

jours dans la vinaigrerie, lorsque l'on veut tirer du vinaigre, pour ne pas mettre dans la mère un liquide à une température moins élevée que celui qu'elle contient. Il faut encore veiller continuellement à ce que l'acétification ne se ralentisse pas.

La mère du vinaigre, que l'on regarde vulgairement comme susceptible de favoriser et de développer l'acétification, ne sert donc à cet usage que par le vinaigre dont elle est pénétrée, ainsi que l'a fait bien remarquer M. Berzélius; et comme il l'indique aussi, quand cette substance a été bien lavée elle n'a plus d'action sur le vin pour développer l'acétification; il est donc utile de déterminer la quantité de vinaigre que renferme la mère dont on fait usage.

La théorie de l'acétification laisse encore beaucoup à désirer, et sans doute lorsqu'elle sera mieux exposée, la fabrication du vinaigre deviendra plus rationnelle; nous ajouterons aux détails qui précèdent, la plupart extraits d'un concours à la Société de Pharmacie de Paris, l'opinion suivante des commissaires, qui d'ailleurs n'ont pas trouvé la question résolue :

« Ce n'est pas le ferment qui détermine l'acétification de l'alcool, c'est le ferment agissant sur des corps sucrés et produisant la fermentation alcoolique; mais pour que cette action ait lieu avec avantage, il faut, ainsi que l'a entrevu l'auteur du mémoire nº 5, que la fermentation alcoolique, devenue insensible par l'épuisement de la plus grande partie des matières qui lui servaient d'alimens, soit ranimée par l'élévation de la température et par les autres circonstances favorables dont on l'entoure. »

M. Berzélius admet que l'alcool ne s'acidifie pas seul, quelque étendu qu'il soit; qu'il a besoin, pour éprouver cette transformation, de la présence d'un ferment; que l'acide acétique lui-même peut servir de ferment ou de moteur à cette transformation; que la substance mucilagineuse, nommée *mère de vinaigre*, est impropre par elle-même à l'acétification de l'alcool, et n'agit que par l'acide acétique qu'elle contient.

Enfin, quoique l'alcool soit le corps qui serve principalement d'aliment à la fermentation acide, M. Berzélius reconnait que plusieurs autres matières sont susceptibles de subir l'écétification sans fermentation alcoolique préalable ; telle est la gomme et tel est même le sucre, qui, sous l'influence de certains principes, peut se convertir directement en acide acétique (1).

Depuis que la fabrication du vinaigre de bois (*v.* ACIDE ACÉTIQUE) a reçu de notables perfectionnemens en France, cet acide, dont la force peut aisément être trouvée dans le commerce égale à sept ou huit fois celle du bon vinaigre d'Orléans, est fort utile pour améliorer les vinaigres faibles ; c'est en effet une de ses principales applications : on s'en sert aussi pour fabriquer les ACÉTATES. (*Voyez* ce mot.)

Les divers usages du vinaigre sont bien connus : on sait qu'il contribue à l'assaisonnement d'une foule de mets; qu'il entre dans plusieurs composés destinés à la conservation des viandes; qu'il sert à confire divers fruits verts et des légumes peu volumineux destinés au service de nos tables; enfin les pharmaciens, les confiseurs et les parfumeurs, en font des préparations médicamenteuses ou aromatiques dont nous citerons les principales.

Lorsque les vinaigres ainsi *composés* doivent être préparés avec des substances fraiches et par macération, ces substances leur fournissent de l'eau qui affaiblit l'acide, c'est-à-dire le principe conservateur. On obviait autrefois à cet affaiblissement et l'on maintenait l'équilibre, en ajoutant à ces vinaigres un peu d'alcool; mais, lorsqu'on eut remarqué que cela donnait lieu à la formation d'une petite quantité d'éther acétique, on remplaça l'alcool indiqué dans les formules par une quantité d'acide acétique concentré (ou vinaigre de bois), égale à celle de l'alcool qu'on aurait employé.

Les vinaigres médicinaux sont divisés en *simples* et *composés*. Les premiers ne con-

---

(1) M. Berzélius établit ainsi qu'il suit la théorie du résultat final de l'acétification : Une liqueur alcoolique dans laquelle la fermentation vineuse est terminée, peut subir la fermentation acide en absorbant l'oxigène de l'air qui, se combinant avec l'alcool, donne l'acide acétique. Voici la théorie de cette opération : L'alcool $= O^2\ C^4\ H^6$, l'acide acétique $= O^3\ C^4\ H^6$; il en résulte que, lorsqu'un atome d'alcool a cédé tout son hydrogène à l'air pour former de l'eau, et qu'on joint ce qui reste à 1 atome d'alcool non décomposé, on a O^2, C^4, H^6 auquel il ne manque qu'un atome d'oxigène pour former de l'acide acétique. Cet atome d'oxigène est absorbé en même temps, et l'on a de l'acide acétique. Dans cette opération, on obtient donc 1 atome d'acide acétique et 3 d'eau, avec 2 atomes d'alcool et 4 atomes d'exigène.

tiennent que les principes d'une seule substance (le vinaigre scillitique); les seconds en reçoivent de plusieurs (le vinaigre antiseptique).

Vinaigre antiseptique, vinaigre aromatique à l'ail, vinaigre des quatre voleurs. On prend les sommités sèches de grande absinthe, de petite absinthe, de romarin, de sauge, de menthe aquatique, de rue, de chaque, 64 grammes (2 onces); ail, racine d'acore odorant, écorce de cannelle, girofle, noix muscade, de chaque, 8 grammes (2 gros); vinaigre rouge, 4 kilogrammes (8 livres). On concasse la cannelle, on râpe la muscade, on broie l'ail dans un mortier de marbre, on coupe les plantes en morceaux; on introduit toutes ces substances dans un grand matras; on ajoute le girofle entier, puis le vinaigre; on laisse macérer le tout pendant un mois; on passe ensuite avec expression; on filtre, et l'on ajoute à la liqueur filtrée: camphre, 16 grammes (4 gros), dissous dans suffisante quantité d'alcool; acide acétique, marquant à l'aréomètre 10°, 16 grammes (4 gros); on agite et l'on conserve dans un vase bien fermé. Cette préparation est employée comme prophylactique, mais surtout en la respirant comme moyen de masquer les odeurs désagréables, ou pour faire recouvrer la reconnaissance aux personnes tombées en syncope.

Vinaigre aromatique à l'estragon. Feuilles d'estragon récentes mondées 500 grammes (1 livre); vinaigre très-fort, 5 au 6 kilogrammes (10 à 12 livres); faites macérer pendant 15 jours passez et filtrez.

Vinaigre camphré. Ce vinaigre, employé aux mêmes usages que le vinaigre antiseptique, s'obtient ainsi: on prend, camphre, 4 grammes (1 gros); on le réduit en poudre dans un mortier de verre ou de porcelaine, en se servant de quelques gouttes d'alcool ou d'éther; lorsqu'il est pulvérisé, on ajoute peu à peu l'acide acétique; on introduit ensuite le tout dans un flacon; après quelques jours de contact, on filtre, et l'on conserve dans des flacons bien bouchés.

Vinaigre colchique. Ce vinaigre, qui sert à préparer l'oximel colchique, s'obtient en agissant ainsi: on prend les bulbes récentes de colchique; on les coupe, on les met en macération avec le vinaigre dans les proportions suivantes: bulbes récentes de colchique, 32 grammes (1 once); vinaigre fort, 384 grammes (12 onces); au bout de huit jours, on passe et l'on filtre.

Vinaigre de framboise: vinaigre framboisé. Frambroises fraîches séparées des calices, 1500 grammes (3 livres); vinaigre rouge de bonne qualité, 1000 grammes (2 livres); on laisse en macération pendant quatre ou cinq jours, on passe sans exprimer, et l'on filtre; ce vinaigre sert à la préparation du sirop de vinaigre framboisé. On prépare par le même procédé les vinaigres des autres fruits.

Vinaigre de lavande. Fleurs sèches de lavande, 250 grammes (8 onces); vinaigre fort, 4 kilogrammes (8 livres); on laisse macérer pendant quinze jours, dans un vase fermé, en agitant de temps en temps; on passe ensuite et l'on filtre. On prépare de la même manière les vinaigres avec les fleurs d'œillet, de romarin, de roses (ou rosat), de sauge, de sureau, etc. P.

VIOLON, QUINTE, VIOLONCELLE, CONTRE-BASSE. (*Arts physiques.*) La belle qualité des sons du violon, l'étendue de son diapazon, la grande variété des traits qu'il peut rendre, l'expression que l'artiste peut donner à son exécution, l'ont fait appeler *le roi des instrumens.* Le *violoncelle* n'est qu'un violon d'un patron beaucoup plus grand, qui est destiné à rendre des sons plus graves; c'est l'accompagnateur obligé de toute musique d'orchestre; il ne se borne pas à faire entendre les sons fondamentaux de l'harmonie, car l'artiste sait en tirer des sons aigus et mélodieux, et les chants qu'il lui fait exprimer sont d'une douceur délicieuse: le violoncelle est aussi appelé *basse,* du nom de la partie musicale qu'il exécute le plus ordinairement. La *quinte* qu'on nomme aussi *alto, alto-viola,* a son patron intermédiaire entre ceux du violon et de la basse, et rend des sons tantôt graves, tantôt aigus, dans les limites de son diapazon.

Ces instrumens sont montés de quatre cordes, qu'on tend de manière à leur faire rendre *à vide* des sons à la quinte, *sol, re, la, mi,* pour le violon, *ut, sol, re, la,* pour les deux autres. Le *sol* du violon est une *corde filée,* c'est-à-dire recouverte d'un fil de laiton très-fin qui en accroît la masse, et le rend propre aux sons graves; l'*ut* et le *sol* de la quinte et du violoncelle sont des cordes filées. La plus fine des cordes de ces trois instrumens est appelée *chanterelle.* Les *la* à vide de l'alto et du violon sont à l'unisson; celui de la basse est à l'octave au

dessous, sa longueur est double des *la* de violon, sous une tension peu différente et une masse un peu plus considérable. Ainsi, les quatre cordes à vide de l'alto sont à l'octave aiguë de celles de la basse, et à la quinte de celles du violon.

La *contre-basse* n'est montée que de trois cordes à l'octave au-dessous du *sol*, *re*, *la* du violoncelle; son patron est beaucoup plus grand et ses cordes très-massives.

Comme ces instrumens sont construits d'après les mêmes principes, et ne diffèrent que par leurs grandeurs, nous ne parlerons ici que du violon, la fabrication des autres étant absolument la même.

C'est en France que le violon a été inventé; mais dès 1550 les deux frères *Amati* de Crémone, et ensuite leurs enfans, se sont rendus célèbres dans l'art de le fabriquer. Le plus illustre des luthiers est un des élèves de ces derniers, *Stradivarius*, vers 1720; les *Guarnerius*, et ensuite *Steiner*, *Maggini*, etc., ont soutenu la réputation des artistes de Crémone. Les instrumens de Stradivarius sont les plus estimés de tous; on les vend depuis 2000 fr., jusqu'à 6 à 10 mille francs, et même plus encore. Plusieurs luthiers français se sont aussi distingués dans leur art. *Pichl*, *Loupot*, etc., ont mérité leur renommée, et, de nos jours, M. *Wuillaume* réussit à tel point dans ce genre d'industrie, que ses violons n'ont absolument aucune différence de forme, de couleur, de qualité de son, avec ceux de Stradivarius, et les plus habiles maîtres parviennent difficilement à les en distinguer. Un genre de fabrication qu'il ne faut pas dédaigner est celle de Mirecourt, où une population entière vit de cette industrie, et fait par semaine 300 instrumens à archet, outre des guitares, des orgues et des serinettes. Ces violons à très-bon marché sont employés par les ménétiers; ils coûtaient autrefois de 3 à 12 fr., et aujourd'hui qu'on les exécute mieux, ils valent de 10 à 60 francs.

En faisant la part de l'engouement pour les instrumens des fameux luthiers, on ne peut se dispenser de convenir que la qualité de sons de leurs violons, basses et alto, est vraiment supérieure. Les instrumens modernes ont ou une chanterelle faible et sans éclat, ou des sons graves trop sourds, ou mêmes certaines notes intermédiaires qui sortent mal. Aussi les artistes savent-ils reconnaître, et souvent à la seule vue, les Amati, les Stradivarius, les Guarnerius, etc. On a toujours vainement cherché les conditions auxquelles on doit attribuer la qualité de son des instrumens; mais les expériences de MM. Chanot et Savart n'ont pas encore permis de répondre à cette question. Le choix des bois, leur complète dessiccation, la proportion d'épaisseur, et même le travail spontané de la nature, qui, par l'usage, habitue l'instrument à vibrer de mieux en mieux, contribuent, autant que la forme des parties, à donner aux sons de l'égalité, de l'éclat, de la force, de la douceur et de la pureté. Et si M. Wuillaume a trouvé le secret de son art, il n'a pas jugé à propos de le communiquer au public.

La force de traction des cordes de violon dépend de leurs grosseurs et des tons qu'elles rendent. (*V.* Cordes.) On estimait autrefois que, pour tendre une chanterelle à son ton, il fallait la tirer par une force équivalente à un poids de 19 livres, la deuxième par un poids de 17, la troisième par un poids de 15, la quatrième par un de 13; en tout 64 livres. Mais le diapazon s'étant un peu élevé, et la grosseur des cordes s'étant accrue, on trouve que ce poids n'est pas maintenant moindre de 40 kilogrammes; plus anciennement il n'était que 23 ½. Au reste, ce n'est pas ce poids que la table supporte, car le chevalet n'interrompant qu'à peine la direction rectiligne des cordes, la composante perpendiculaire à la table n'est pas très-considérable.

Le violon est composé d'un corps ou *caisse* et d'un *manche*. La caisse est formée de deux *tables ovales*, parallèles, égales, un peu bombées, et à bords chantournés en croissant vers le milieu, pour livrer passage à l'archet quand il attaque l'une des deux cordes extrêmes. Ces tables sont maintenues à distance l'une de l'autre par des bandes ou *éclisses en* hêtre; elles enceignent toute la caisse et en contournent toutes les sinuosités.

La table d'harmonie est celle de dessus; on la fait en sapin très-sec, d'un grain extrêmement fin et sans résine; cette table est amincie en certains endroits, et renforcée d'un épaulement intérieur, pour servir d'appui au talon du manche. On pratique à cette table deux *ouies*, ouvertures en S, pour faciliter les mouvemens de l'air.

Au dedans du violon est *la barre*, petite lame de bois collée dans la longueur de la table d'harmonie, pour intercepter les vi-

brations longitudinales, et renforcer l'instrument; et en outre *l'ame,* qui est un petit bâton debout, destiné à résister à la pression des cordes, et qu'on établit, sans colle, presque sous le chevalet et la chanterelle.

La table de dessous est ordinairement en hêtre; on la fait de deux pièces collées selon la longueur et dans le sens des fibres du bois.

Dans les violons faits avec soin, les élévations et courbures des tables s'obtiennent en travaillant le bois avec différentes sortes de rabots et de racloirs : mais dans ceux qu'on livre à bas prix, on se contente de soumettre les tables à la pression sur des moules chauffés. Les éclisses sont courbées à chaud en s'aidant de l'humidité.

Le manche est en bois; on en colle le talon au bout de la caisse sur le renforcement ou épaulement de la table : il est terminé en volute, et creusé d'un large sillon ou mortaise; c'est le *sommier*. Quatre chevilles, deux à droite, deux à gauche, traversent ce sillon (*v.* CHEVILLES) ; leurs têtes sont rondes et plates, pour être facilement saisies par les doigts, et tournées, en surmontant le frottement qui les retient; elles sont destinées à tendre les cordes qui passent dans la mortaise du manche.

Une pièce plate et oblongue, appelée *queue,* est attachée par un bout de grosse corde à boyau, à un bouton dont la queue est entrée dans l'éclisse et son renforcement, à un bout de la caisse. Cette queue fournit les points d'attache d'un bout des quatre cordes, qui, par l'autre bout vont s'enrouler sur les chevilles, et recevoir le degré de tension voulu. Une lame de bois, appelée *chevalet,* est placée debout sur la table d'harmonie, pour en éloigner les cordes. Tout en haut du manche, et au bord de la mortaise, est un petit filet d'ivoire proéminent, nommé *sillet,* qui porte aussi la pression des cordes, et est retenu en outre par de la colle, en sorte que les quatre cordes sont également longues entre le chevalet et le sillet; les sons par quintes justes qu'on les amène à rendre sont le résultat de leurs grosseurs, de leurs masses, et des tensions différentes auxquelles on les soumet.

Une longue lame de bois d'ébène, appelée *touche,* est collée sur le manche, et le dépasse en s'avançant jusqu'à une petite distance du chevalet, et se tenant sous les cordes, qui sont disposées parallèlement entre elles et à la touche. Il ne faut pas que les cordes en soient trop rapprochées, parce que leurs vibrations y friseraient, ni trop éloignées, pour que les extrémités des doigts n'éprouvent pas de fatigue à les presser sur la touche : car il est inutile de dire que le violon se joue en tenant le manche dans la paume de la main gauche, passant sous le menton la partie de la caisse où se trouvent la queue et son bouton : on attaque les cordes avec un ARCHET qu'on tient entre les doigts de la main droite, tandis que les extrémités de ceux de la main gauche, venant presser les cordes sur la touche en différens points, les accourcissent au degré qui convient pour rendre les sons déterminés, dans l'échelle diatonique, par la musique qu'on veut exécuter. L'archet, enduit de colophane, fait vibrer les cordes, et l'air, acceptant ces vibrations, fait entendre les résonnances. (*V.* CORDES VIBRANTES et SON.)

Le bois du violon est enduit à l'extérieur d'un vernis à l'esprit-de-vin, dont on y applique différentes couches avant d'en réunir les pièces. Les tables, les éclisses et le manche sont maintenus ensemble pas des tasseaux et de bonne colle forte. On serre les parties avec des *happes* ou petites presses mobiles, à vis en bois, jusqu'à ce que la colle soit bien sèche.

Nous ne dirons rien des divers marquetages dont on enrichit la queue, les chevilles et l'archet, soit en or, soit en argent, ou en nacre de perles; ni des filets qu'on incruste en contournant les bords des tables, et y creusant des sillons avec le trusquin. On conserve l'instrument à l'abri des injures de l'air, dans une boite garnie de flanelle, où l'on ménage une place pour les archets, et des cases pour recevoir la colophane, les sourdines, les cordes de rechange, etc.

Il résulte des expériences de Chladni que les tables entrent en vibration, quand on fait vibrer les cordes, ou l'air, ou même quand on attaque ces tables avec un archet : des poussières, répandues à leur surface, se meuvent; et en se déplaçant, se rangent en courbes sur les parties restées immobiles : ces figures curvilignes servent à reconnaître la nature des vibrations. M. Savart a tiré parti de ces opérations, et a examiné dans quelles conditions les sons des violons sont les plus purs et les plus agréables. Il a remarqué que, 1° les inégalités d'épaisseur des plaques de bois nuisent à la régularité des figures que produit le sable répandu sur les surfaces vibrantes, tandis qu'une grande

égalité d'épaisseur conduit à une conséquence inverse ;

2° Deux plaques égales de formes et d'épaisseurs produisent les même courbes ;

3° La transmission des vibrations par l'ame est très-puissante ; ce qui conduit à déterminer les meilleures positions de l'ame et de la barre ;

4° Toutes les parties d'un violon qu'on joue entrent en vibration, chacune à sa manière.

Recherchant ensuite la forme la plus avantageuse à l'égalité et à l'ampleur des sons, M. Savart arrive à blâmer la forme bizarre qu'on donne aux violons. Il veut que les tables soient exactement planes et non rabotées ; que les fibres ligneuses restent intactes, pour que les vibrations soient régulières : seulement il ménage plus d'épaisseur à la partie qui, sous le chevalet, porte l'effort de pression des cordes, et la diminue légèrement, mais avec symétrie, vers les bords. Il fait ses tables de deux pièces qu'il tire d'une même planche fendue dans le sens des fibres longitudinales : il ne veut pas de ces chantournures en croissant qui déforment les tables, et que le jeu de l'archet exige, etc.

Des violons construits par M. Savart, sur ces principes, ont été jugés excellens par les savans et les artistes, qui ont même déclaré que ces instrumens étaient comparables à ceux des meilleurs maitres. Des auditeurs exercés ne pouvaient en faire la distinction, pour la qualité de son, lorsqu'on plaçait les instrumens hors de la vue. Mais la forme des violons de M. Savart n'a pas convenu aux musiciens, qui ont trouvé incommode de ne pouvoir donner à leur archet la direction à laquelle ils étaient accoutumés. Ces instrumens ont la forme de trapèzes réguliers, dont le plus petit des côtés parallèles est près du manche. Le chevalet est assez élevé pour que le défaut d'échancrures soit moins gênant. Probablement l'habitude et l'esprit de routine ont privé M. Savart des succès que méritaient ses innovations. Il est du moins certain que ses intéressantes recherches, publiées en 1819, dans un Mémoire à l'Académie des Sciences, sont propres à guider les habiles luthiers dans les travaux ultérieurs, qui porteront les instrumens à archet au plus haut degré de perfection dont ils soient susceptibles.

Le violon de M. Chanot offre avec le violon ordinaire beaucoup moins de différence que celui de M. Savart, et plusieurs de ses instrumens sont en usage et estimés des artistes ; il paraît avoir été bien inspiré dans les modifications qu'il a apportées à la forme reçue ; il supprimait, il est vrai, l'ame, ce qui avait l'inconvénient de donner plus de force aux sons aigus, et d'affaiblir les sons graves, contrairement à l'opinion que l'auteur avait adoptée : ce changement n'étant pas heureux, on y a renoncé. Il remplace les chantournures en croissant des deux tables par une courbure concave adoucie ; il ne se sert pas de queue, et attache les bouts des cordes sur la table, à 3 ou 4 pouces en arrière du chevalet ; tout cela est semblable à ce qu'on fait pour la guitare. Enfin, il donne aux ouïes une disposition particulière. Des préventions sans motif ont été cause du peu de succès de ces innovations, quoique de très-bons instrumens aient été construits d'après ces principes. Il paraît que le propriétaire d'un violon attache une estime d'amour-propre à un instrument auquel il peut, bien qu'à tort, donner un nom d'auteur célèbre, et ce mensonge innocent est impossible pour les violons de M. Chanot. Il y a lieu de croire que si M. Wuillaume voulait en fabriquer sur ce modèle, il réussirait à détruire le préjugé. Fr.

VIS. (*Arts mécaniques.*) Nous commencerons par traiter des vis en fer qui servent à assembler et fixer les pièces d'un ouvrage. La plus ordinairement employée a ses filets triangulaires ; elle doit présenter un angle vif ; tant sur le sommet du pas qu'au fond, et la profondeur doit être au moins égale à la hauteur du pas. On les fait avec une *filière*, qui se compose d'un châssis en fer *l* (fig. 7, pl. 68, Arts mécaniques) armé de deux manches opposés ; ce châssis est percé au milieu d'un trou en trapèze, taillé en coulisse, dans lequel on place les *coussinets* d'acier. On recouvre ces coussinets de plaques *m m* pressées par les vis *n n*, dont l'écrou est taraudé dans le châssis ; elles retiennent les coussinets dans leur coulisse, laquelle est terminée par deux écrous que deux vis *p* entraînent pour rapprocher les coussinets. (*V.* Filière.)

Il y a aussi des filières simples qui sont des plaques d'acier dans lesquelles on a percé des trous de différens numéros ; elles ne font que de petites vis. On prépare d'abord la tige qu'on veut fileter en la passant dans les plus gros numéros, et on la finit ensuite dans les numéros moindres.

Les *tarauds* (fig. 8) sont des vis en acier qui servent à former le filet des écrous : on enlève quatre faces à la lime jusqu'au fond du filet, et on trempe. Les bords coupans mordent dans le fer et l'acier non trempé, et on fait ainsi les écrous et les coussinets.

On comprend qu'en s'aidant des manches EE comme de leviers, et faisant tourner la filière par son axe, on force le brin de fer cylindrique, qui est fixement maintenu et passé dans les coussinets, ou dans le trou de la filière, à entrer en hélice, et que la vis se trouve ainsi fabriquée. Bien entendu qu'on a dans l'atelier une série de tarauds et de coussinets pour les vis de différentes grosseurs.

De toutes les filières à coussinets, la plus commode est celle de M. Paulin Désormeaux, fig. 9. A est la cage, B sont les coussinets diversement évidés à l'endroit des filets; c'est une cale appuyant sur les coussinets, et formant écrou sous la vis de pression D. Cette cale (fig. 10), et les coussinets, sont retenus dans la cage par une rainure *a* et faite sur un de leurs côtés; les joues de ces rainures portent des entailles *b* qui correspondent à d'autres semblables pratiquées sur les bords intérieurs de la cage, à l'endroit par lequel on introduit les coussinets; E, poignées pour manœuvrer l'outil. On voit que, par cette disposition, il suffit que la vis ait fait un tour, quoique le pas en soit très-fin, pour que la cale (ou le coussinet) se trouve engagé et conduit dans toute sa longueur. Cette filière, moins lourde et moins coûteuse que les autres, permet à l'ouvrier de fileter jusqu'auprès des embases, d'apprécier par le tact la position relative de la tige à tarauder, et d'offrir le moyen de corriger la mauvaise direction que l'outil aurait prise.

La tête de la vis a dû être avant tout aplatie au marteau à un bout de la tige, puis fendue à la lime plate et coupante. La fente est un sillon étroit et profond, où l'on passe le bout du tournevis, pour faire entrer de force la vis dans un trou pratiqué avec la vrille ou le foret, sur le bois ou le fer des pièces qu'on veut joindre ensemble.

Chaque ouvrier fait lui-même les vis dont il a besoin pour son ouvrage; mais, pour la vente commerciale des vis à bois et autres, il existe des fabriques où l'on exécute en grand des vis de tous numéros. Telle est celle de MM. Jappy frères, dont les produits sont remarquablement bons et à très-bas prix. Ils en livrent au commerce de tous numéros, pour les serrures, la menuiserie, la garniture des talons et semelles de souliers, etc. MM. Jappy font les vis avec une machine qu'on trouvera décrite et figurée, T. VIII des Brevets d'invention. Les pas sont taillés sur un tour avec des burins, et les vis sont admirablement exécutées.

Quant aux belles vis en acier et en fer qui servent aux balanciers, aux machines à diviser, et aux autres grands appareils, comme les diamètres en sont très-forts, qu'elles sont très-longues, qu'il faut que les pas en soient extrêmement réguliers, leur exécution exige beaucoup de talent, et il y a peu d'ouvriers qui soient capables de les faire. C'est au tour qu'on les exécute, avec un burin. (*V.* l'art. Tour, etc.) Le tour à fileter les vis de M. Calla, Bulletins de la Société d'Encouragement, T. XXIX, pag. 419, année 1830. Le pas est triangulaire ou carré, selon la destination de la vis. Nous reparlerons plus loin de cette opération.

Pour assurer l'effet des grandes vis et les empêcher de prendre un mouvement de ballotage dans leur écrou, on y fait deux filets, c'est-à-dire que le cylindre qui porte la vis, au lieu d'être recouvert d'un seul filet en spirale, en porte un second, dont les contours occupent l'espace intermédiaire entre les pas du premier filet. Cette condition, qui présente de grandes difficultés d'exécution, pour que la seconde vis soit exactement au milieu de l'intervalle, et que les filets soient de même pas et de même épaisseur, n'est pas susceptible de recevoir une description plus étendue.

La tête des vis est quelquefois façonnée en carré ou en polygone, au lieu d'être simplement fendue; alors on l'entre dans l'écrou avec une Clef, ou un levier, ou une manivelle. C'est ainsi que sont manœuvrées toutes les grosses vis. (*V.* Balancier monétaire.) D'autres fois on retient la vis en place à l'aide d'un écrou qui entre dans les pas, et serre les parties entre sa base et la tête de la vis. Toutes ces modifications, qui varient de mille manières, ne méritent pas de nous arrêter.

La résistance des vis à bois est considérable. Un Anglais, M. Bevan, a fait des expériences pour mesurer leur adhérence. Celles qu'il a employées avaient 2 pouces de long, 0,22 de diamètre à l'extrémité; il y avait douze filets dans la longueur d'un pouce, et la profondeur du filet était de 0,35. Il les

enfonça dans des morceaux de bois d'un demi-pouce d'épaisseur, et ne put les en faire sortir que par les poids ci-après. Ces poids ont été suspendus environ 2 minutes avant que les vis fussent arrachées par l'effort.

Hêtre sec.	209 kilog.
Idem.	358
Frêne sec bien sain. .	358
Chêne idem. . . .	345
Acajou idem. . . .	349
Orme idem.	297
Simocre idem. . . .	376

M. Bevan a aussi reconnu que la force requise pour arracher des vis semblables, de bois de sapin et de bois plus tendre, était environ la moitié de celle ci-dessus.

On se sert souvent de vis en bois, surtout dans les PRESSOIRS, les PRESSES, et pour différens outils où la pression est nécessaire et doit être exercée d'une manière passagère; on y emploie du bois très-dur et de bonne qualité, tel que le gayac, le buis, le hêtre, le chêne, etc.; il est indispensable que les fibres du bois opposent une grande résistance, parce que l'énorme pression que supportent les filets de la vis les ferait détacher du cylindre : c'est ce qui oblige à ne faire que des filets triangulaires sur les cylindres en bois.

Les vis de bois se font au tour, qui, comme on sait, est construit pour donner en même temps un mouvement de rotation sur les pointes qui portent le morceau de bois entre les deux poupées, et un va-et-vient longitudinal, en sorte que la main qui tient fixement un burin, enlève des copeaux en hélice à la surface du morceau de bois qu'on a d'abord tourné en cylindre. Ce travail, continué tout le long du cylindre, y forme une vis à filet triangulaire. Mais on réussit mieux et plus promptement en se servant d'un *peigne;* c'est une tige d'acier terminée par plusieurs dents coupantes, égales et également espacées. En se présentant au cylindre, pourvu du double mouvement dont on vient de parler, tenant l'outil fermement, on fabrique une portion de vis. On répète ensuite la même manœuvre de proche en proche, tout le long du cylindre. L'écrou se fabrique de la même manière, avec un peigne qu'on fait mordre dans l'intérieur d'un cylindre creux qui tourne en va-et-vient, et est porté par un *mandrin*.

On donne les noms de *peignes mâles et femelles* aux outils qui servent à faire l'un l'écrou, l'autre la vis.

Quant aux grosses vis en bois pour les presses et pressoirs, on les fabrique comme celles en fer, avec une machine particulière, dont nous parlerons plus loin. FR.

VIS. (*Arts mécaniques.*) Cette machine est composée du levier et du plan incliné; nous ne la considérerons ici que pour en calculer l'action, comme moyen de transmettre l'effet d'une puissance, et de surmonter une résistance.

La vis est composée d'un cylindre AB (fig. 1, pl. 69 des Arts mécaniques) revêtu d'un cordon spirale de grosseur uniforme, et dont l'inclinaison, par rapport aux génératrices du cylindre, est constante. Ce cordon, appelé *filet*, est ordinairement triangulaire et quelquefois carré, c'est-à-dire que toute section de la vis passant par l'axe du cylindre, coupe ce filet suivant un triangle isocèle, ou un rectangle, partout égal. On nomme *pas de la vis* l'intervalle qui sépare deux filets consécutifs.

Pour compléter la machine, il faut un autre corps appelé *écrou*, qui est percé d'un trou, lequel est creusé intérieurement d'un sillon aussi en spirale; en sorte que cet écrou soit le moule exact de la vis, sauf un peu de jeu qu'on laisse entre deux pour faciliter le mouvement. L'une de ces deux pièces est fixe, l'autre mobile autour de l'axe du cylindre, dans le sens de sa génération, et peut ainsi s'insinuer, comme en rampant, sur la première.

Une force P est, par exemple, appliquée à l'écrou pour le faire tourner autour de la vis immobile, et cet écrou est retenu par un poids ou une autre résistance Q, agissant parallèlement à l'axe du cylindre; et on demande sous quelles conditions ces forces se feront équilibre, ou bien l'une l'emportera sur l'autre. C'est ce qui arrive quand on veut donner à un chariot attaché à l'écrou un mouvement de progression longitudinale et régulière dans le sens de l'axe de la vis.

D'autres fois l'écrou Q (fig. 2) est immobile, et c'est la vis qu'on force à y entrer, et à prendre un mouvement de rotation, à l'aide d'une puissance P agissant sur un levier qui en traverse la tête; pendant qu'une autre force, poussant la vis dans le sens de son axe, s'oppose à la rotation, en empêchant la progression dans le sens de l'axe. Ce cas a lieu dans toutes les PRESSES à vis.

Dans l'une ou l'autre de ces suppositions, la relation d'équilibre entre la puissance P et la résistance Q est la même ; on l'exprime par ce théorème : *Dans l'équilibre de la vis, la puissance* P *qui agit sur le levier est à la résistance* Q *qui s'oppose au mouvement dans le sens de l'axe, comme le pas de la vis est à la circonférence que la puissance tend à décrire.*

Pour comprendre cette proposition, il faut remarquer que la vis est engendrée par la révolution de la figure ABF (fig. 3), terminée par un triangle isoscèle BFG, dont la base est parallèle à AZ, et qui, en tournant autour de cet axe AZ, prend en même temps un mouvement uniforme de translation dans le sens AZ; en sorte que le plan du triangle BFG s'avance dans ce sens de parties proportionnelles aux valeurs angulaires qu'il décrit. Cette génération de la vis à filet triangulaire s'appliquera de même à celle dont le filet est carré.

La courbe que décrit autour de l'axe AZ un point quelconque N, est donc assujétie à rester, en tous ses points, à la même distance EN de l'axe; mais à se mouvoir, dans le sens de cet axe, de manière à avoir parcouru, après une révolution entière, une longueur égale au pas AD de la vis, et à décrire, dans ce mouvement, des parties de cet espace proportionnelles aux angles décrits par le plan BFG autour de l'axe. Cette courbe est ce que les géomètres appellent une *hélice;* c'est une spirale qui n'est pas plane, et ne va pas en se rapprochant de l'axe.

Le poids de l'écrou, ou celui dont on l'a chargé (fig. 1) tend à faire descendre l'écrou en tournant autour de l'axe; c'est sa résistance Q que la force P doit équilibrer ; et si l'on fait abstraction du frottement, on voit qu'en réduisant l'écrou à un seul point pesant qui serait posé en N (fig. 3), pour une révolution autour de l'axe, ce poids ne descend que du pas de la vis en glissant sur un plan incliné curviligne, ou plutôt en hélice, tandis que la puissance P parcourt une circonférence entière. Ces deux forces sont donc dans la raison inverse de ces espaces, conformément au principe des VITESSES VIRTUELLES; ce qui est conforme à notre théorème.

Pour exprimer cette proposition par une équation, désignons par h la hauteur AD du pas de vis, et par p le rayon du cercle décrit par la puissance P, c'est-à-dire la distance de l'axe de la vis à la direction de cette puissance, nous aurons :

$$Q\,h = 2\,\pi\,p\,P$$

π est le nombre 3,14159, rapport de la circonférence au diamètre. Cette équation fera connaître l'une quelconque des quatre quantités Q, h, p et P, les trois autres étant données. Il est facile d'en conclure que :

1° La vis est une machine composée du levier et du plan incliné.

2° Pour une même vis, l'effet d'une force est d'autant plus grand que cette force est appliquée plus loin de l'axe.

3° Pour deux vis différentes et de même bras de levier, l'effet d'une force est plus considérable avec la vis dont le pas est moindre.

La vis est une des machines le plus en usage dans les arts; elle entre comme auxiliaire dans presque toutes; elle change de forme, eu égard tantôt à la matière dont l'instrument est composé, tantôt au but qu'on s'est proposé en l'employant. C'est ainsi qu'on s'en sert pour changer un mouvement de rotation en celui de translation, pour pénétrer les corps durs, pour réunir des pièces entre elles, pour soulever des fardeaux pesans, dans des outils d'horlogerie et de divers arts, etc. Nous avons en divers lieux montré les principaux usages de la vis; mais il convient d'en exposer encore quelques autres qui, trouvant leur application dans une foule d'occasions, n'auraient pu être analysés chaque fois sans exiger des répétitions, et que nous avons dû remettre à l'article spécial de la vis.

Lorsqu'on fait usage de la FRAISE, il arrive souvent qu'on en place l'axe de manière que ses extrémités soient soutenues par deux vis, dont les écrous sont taraudés dans les *poupées* du tour ; par ce moyen, en tournant les deux vis à la fois en sens opposés, on communique le mouvement rectiligne dont on a fréquemment besoin pour la faire fonctionner où l'on veut.

Si l'axe de la vis est fixé et ne peut prendre d'autre mouvement que celui de rotation entre deux collets, et que l'écrou soit mobile, le frottement, qui est très-fort, fait adhérer l'écrou à la vis, et il tourne en même temps qu'elle; mais si l'écrou est retenu dans le sens latéral, de manière à ne pouvoir tourner, il s'avancera dans le sens de l'axe et parcourra des espaces réguliers comme la vis, et écartés de quantités d'autant moin-

dres, que les filets sont plus rapprochés. Telle est la fonction de la vis pour mouvoir un chariot régulièrement, ainsi qu'on s'en sert dans la machine à DIVISER les lignes droites, les MICROMÈTRES, etc.

Mais pour que les pas du chariot soient aussi petits qu'on veut, il faut que les filets soient très-fins; et ils manquent alors de force et se brisent sous la pression. C'est ce qui a conduit M. de Prony à imaginer sa *vis micrométrique à double pas*. AB (fig. 4) est un arbre divisé en trois parties *ab*, *cd*, *ef*; les deux vis *ab*, *ef*, ont le même pas et traversent deux supports fixes C, D, garnis d'écrous. Cet arbre AB se meut horizontalement, et parcourt, à chaque révolution entière, un espace égal au pas de la vis. Une second vis *ed* a un pas un peu plus long ou plus court; on y introduit un écrou M, auquel on fixe le fil du micromètre, et l'écrou est empêché de tourner par un tenon qui peut couler dans une rainure de la banquette EF; mais il parcourt de chaque côté un espace égal au pas de sa vis : ainsi, il participe à deux mouvemens opposés, celui de la translation de l'arbre et celui de sa propre vis; en sorte qu'il ne décrit qu'un espace égal à la différence de ces deux mouvemens. Soit a le pas des vis *ab*, *ef*, b celui de la vis c; après n révolutions de l'arbre, le support M aura parcouru un espace $= na = nb = n(a-b)$, comme s'il n'y eût eu qu'une seule vis, dont le pas aurait été $a - b$; et puisque $a-b$ est aussi petit qu'on veut, bien que a et b puissent être assez grands pour que les filets de vis opposent une résistance considérable, on voit que l'effet sera produit avec le degré de solidité qu'on peut désirer.

Et comme il serait difficile de donner aux vis *ab*, *ef*, des pas rigoureusement égaux, ce qui ici est tout-à-fait indispensable, on peut supprimer l'une des deux, et la remplacer par une pièce cylindrique retenue dans un collet qui guide l'arbre.

Les machines à tailler les grandes vis sont construites ainsi qu'il suit :

AB (fig. 7) est un axe auquel sont attachés le cylindre C, à la surface duquel on veut tracer une hélice, et la roue dentée D. Le châssis MLKN tourne autour de cet axe AB; dans ses branches LMKN est l'axe FG qui peut tourner sur lui-même et qui porte une roue dentée E, laquelle engrène avec D, et un cylindre HI, taillé en vis, menant l'écrou P. Cet écrou porte d'un côté la tige O qui coule dans une rainure, et de l'autre le crayon ou le burin qui trace l'hélice par le cylindre C.

Voici l'effet de cet appareil. Soit R le rayon de la roue E, r celui de D, H le pas de la vis du cylindre HI; une révolution du châssis MLKN autour de l'arbre AB, fera tourner la roue E, et aussi le cylindre HI, d'une portion $\frac{r}{R}$ de tour; et l'outil P aura parcouru un espace égal à $\frac{hr}{R}$, ce sera le pas h' de l'hélice tracée sur le cylindre c; on aura donc $h' = \frac{hr}{R}$. On conçoit qu'en prenant pour les élémens R, r et h des valeurs convenables, on pourra produire des hélices de dimensions déterminées.

La fig. 8 est celle de la machine Salleneuve pour tailler les grandes vis. FG est le cylindre qui dirige le mouvement rectiligne et le communique à l'outil, au moyen de l'écrou P, comme ci-devant : ce cylindre tourne sur son axe, et sa position est déterminée par les colliers H et I. La roue dentée E est fixée au cylindre FG, et communique le mouvement au cylindre C qu'on veut tailler en vis; on monte celui-ci sur un tour, et on le garnit d'une roue dentée D. Les deux cylindres C et FG doivent avoir leurs axes rigoureusement parallèles; et le mouvement est donné de l'un à l'autre par une troisième roue A qui peut s'élever et se balancer pour tous les changemens qu'on veut faire dans les rapports des rayons des roues D et E; on peut même admettre un pignon d'engrenage à la roue A pour accroître l'étendue de ces modifications.

Soit R le rayon de E, r celui de D, h le pas de la vis FG; pendant une révolution de D, E fait une partie $\frac{r}{R}$ de la sienne, et K l'outil parcourt l'espace $\frac{hr}{R}$, qui est le pas h' de l'hélice tracée sur C; on a donc la même équation que ci-dessus; et si l'on remplace A par une roue et un pignon fixés au même axe, l'un des rayons m engrenant avec D, et l'autre des rayons m' engrenant avec E, alors on aura l'équation $h' = h.\frac{r}{R}.\frac{m'}{m}$, et il sera facile de détermi-

ner ces élémens de manière à produire une vis de dimensions données.

La vis est employée pour briser les corps ou les presser, comme on l'a vu aux articles PRESSE, PRESSOIR, TYPOGRAPHIE, et principalement à la presse à volant de M. Révillon, au BALANCIER monétaire, aux machines à étamper, etc.; on s'en sert aussi pour arracher les corps qui ont contracté une forte adhérence : car si l'écrou y est fixé, on imprime à l'écrou, par le mouvement de la vis, une marche rétrograde à laquelle rien ne résiste.

Le frottement de la vis dans son écrou est considérable, à cause du grand nombre de points qui sont pressés et de leur disposition: c'est ainsi que sont combinées les *vis de pression*. Telle est la vis d'un ÉTAU pour faire adhérer un cylindre à un autre qui y est entré dans un canon ; on perce ce canon d'un trou taraudé, où l'on passe une vis, dont le bout serre fortement le cylindre intérieur. Lorsqu'on veut faire tenir un corps à un autre qui est plat, on serre celui-ci entre deux mâchoires, dont l'une est mobile et taraudée, et qu'on rapproche de l'autre en y entrant une vis qui mord dans l'écrou, et s'appuie sur la mâchoire fixe à l'aide d'une *portée*. On nomme portée une partie du cylindre de la vis qui est plus large que le trou où elle passe. C'est ainsi que sont construites les pièces qu'on adapte aux lunettes des CERCLES RÉPÉTITEURS et THÉODOLITES.

Les VIS DE RAPPEL sont destinées à donner de très-petits mouvemens à une pièce mobile qui est attachée sur une autre fixe.

Par exemple, lorsqu'une lunette parcourt les divisions d'un limbe, qu'on veut l'y arrêter en un point, et lui faire prendre une très-légère rotation sur son axe, l'ouvrier fixe au tuyau de la lunette une *agrafe ;* c'est une double mâchoire qui saisit le bord du limbe, le serre ou le lâche, selon qu'on manœuvre dans un sens ou en sens contraire une vis de pression qui rapproche ou écarte les mâchoires. On peut donc rendre la lunette libre dans ses mouvemens, la pointer à fort peu près sur un signal, et l'attacher au limbe dans cette position : mais il reste encore à lui donner le petit mouvement de rotation qui amène juste le signal sous le fil du réticule, qui en est encore à une faible distance, c'est ce qu'on fait avec la vis de rappel.

La lunette ne tient à l'agrafe que par cette vis qui entre dans un écrou solidaire avec la lunette, et dont l'arbre tourne dans une petite gorge fixée à l'agrafe même : d'où l'on voit qu'en faisant mouvoir cette vis, elle approche ou éloigne son écrou, et par conséquent la lunette de la gorge.

Comme il faut éviter autant que possible ce qu'on appelle *les temps perdus*, c'est-à-dire les mouvemens qu'on donne à l'arbre de la vis, et qui ne se communiquent à l'écrou que peu après, on est obligé de faire la vis et l'écrou avec un grand soin. En effet, leur contact ne peut jamais être assez intime pour que, si après avoir tourné la vis dans un sens, on vient à la tourner en sens contraire, l'écrou obéisse de suite à cette action. Ce n'est qu'après une portion de révolution que les filets se touchent de nouveau par les faces opposées, et que l'écrou entre en marche.

On a coutume de remplacer la gorge fixe de la vis par deux coquilles sphériquement concaves serrées l'une contre l'autre par une petite vis, et renfermant entre elles une boule ou sphère pleine qui fait partie de l'arbre tournant de la vis.

Ces principes posés, voici comment on ajuste la vis de rappel à un cercle gradué, tel que celui d'un graphomètre, d'un sextant, d'un théodolite, etc., afin de permettre les grands mouvemens qui sont nécessaires pour pointer à-peu-près la lunette sur le signal, et d'achever par une marche lente la coïncidence avec les fils du réticule.

A B (fig. 5, pl. 16 des Arts de calcul) est le limbe de l'instrument ; C D le bras ou rayon mobile qui porte l'alidade ou la lunette; V la vis de rappel qui est emportée par le bras C D dans ses excursions. Dans une fenêtre *a b* du curseur D est logée une pièce qui est susceptible d'y parcourir un certain espace; cette pièce *a b* porte l'écrou *i* dans lequel mord la vis V retenue par l'arrêt ou canon *b* où elle tourne ; ce canon *b* est fixé au curseur D, et le bras C D l'est à la pièce *a b*. Sous l'appareil est une vis de pression K qui, rapprochant deux mâchoires pour saisir et serrer le limbe A B, rend le curseur D solidaire de ce limbe. Voici l'effet produit par cet ajustement.

Quand la vis de pression K est lâchée, le bras C D emporte la lunette et tout le système D V ; on fait le pointé approché, en dirigeant convenablement le bras C D : on serre alors la vis de pression K qui attache le curseur D et la vis V au limbe,

en les rendant solidaires. Qu'on fasse alors tourner la vis V dans son canon b ; cette vis, en mordant dans l'écrou i, fera avancer ou reculer la pièce $a\ b$ dans la fenêtre où elle est logée, et transportera la lunette et le bras C D qui tiennent à cette même pièce $a\ b$. La marche sera très-lente, et permettra de faire coïncider le fil du réticule avec le signal. En effet, on sait qu'un tour entier d'une vis ne fait marcher son écrou dans le sens de l'axe que d'une longueur égale au pas de la vis. Si ce pas est d'un demi-millimètre, en faisant tourner la tête de la vis de 30 degrés (12e de la circonférence), l'écrou i et la pièce $a\ b$ ne marchent donc que d'un vingt-quatrième de millimètre.

La disposition des vis de rappel varie avec la forme de l'instrument ; mais c'est toujours le principe précédent qui en détermine la construction. Le plus souvent, le vernier, au lieu d'être placé dans une fenêtre au bout du bras mobile, comme dans la fig. 5 qui se rapporte au sextant, est fixé latéralement, comme dans le théodolite, fig. 1 ; ce qui est tout-à-fait indifférent, puisqu'on ne consulte le vernier que pour estimer des fractions de degré.

Pour lire sur le limbe et le vernier la graduation correspondante, on s'aide d'une LOUPE M, qu'on tient à la main, ou qui est attachée sur l'instrument. Celle de notre fig. 5 peut tourner autour de l'axe I, pour être amenée au dessus de l'arc de lecture ; une charnière d'articulation en I permet de porter la loupe à la distance du limbe exigée par la force de vision du lecteur.

Observez que l'axe de la vis de rappel V doit avoir sa direction perpendiculaire au bras C D : son canon b et l'écrou i doivent porter sur un pivot qui permette un léger mouvement de torsion et se prête aux directions que la vis doit prendre.

Quant aux *vis à caler*, ce sont celles dont on se sert pour donner aux pieds de l'instrument de petits mouvemens propres à rendre le plan parfaitement horizontal, ce qu'on reconnaît par des niveaux à bulle d'air. L'instrument a trois pieds (*v.* fig. 6, pl. 5 des Arts de calcul) dont chacun est traversé par une vis verticale v, v', v'', et c'est sur les bouts de ces vis que porte le système sur un plan fixe ; ces vis sont, à proprement parler, les pieds de l'instrument. On conçoit qu'en tournant leur arbre, on peut élever ou abaisser le pied qui y correspond. Ainsi, en manœuvrant les vis v et v'', on pourra rendre horizontale la ligne droite v, v'', ou plutôt celle qui passe par les pointes de ces vis ; un niveau à bulle d'air bien réglé, mis dans cette direction, aura sa bulle au milieu. Il ne restera donc plus qu'à mouvoir la vis v', jusqu'à ce que sa pointe, faisant basculer l'instrument au tour de $v'\ v''$, amène v' dans le plan horizontal, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'un niveau, placé en v' perpendiculairement à $v\ v''$, ait aussi sa bulle au milieu.

Au reste, on varie beaucoup la forme des vis à caler, et il serait déplacé d'entrer ici dans plus de détails ; ce sujet est si facile à concevoir, qu'il est inutile de nous y arrêter.

Nous avons donné ci-dessus la relation entre la puissance qui agit sur une vis et la résistance qui retient l'écrou ; mais nous avons fait abstraction du frottement, qui est si considérable ici, qu'il n'est pas possible de le négliger, sans se trouver conduit à des résultats très-erronnés. Malheureusement la théorie en est si compliquée que la formule à laquelle on arrive est d'une application, pour ainsi dire, impossible dans la pratique. Ce qu'on trouve de plus commode, pour avoir du moins une approximation suffisante, c'est de supposer que tous les centres de pression de l'écrou sont situés sur une hélice tracée au milieu de tous les filets. Alors on trouve que la force P qui retient le poids Q de l'écrou en équilibre est déterminée par l'équation.

$$P = \frac{Qr}{p} + \frac{h \times 2 f \pi r}{2 \pi r - f h}$$

p et r sont les rayons des circonférences décrites par la puissance P, et le poids Q, situé au milieu du filet, h est le pas de la vis, π le nombre 3,14159, f le FROTTEMENT, tel qu'on l'a défini à son article. (*V.* ma *Mécanique*, n. 139.)

VIS SANS FIN. (*Arts mécaniques.*) Le cylindre AB (fig. 5, pl. 69) porte à sa surface quelques filets de vis FE, qui engrènent avec les dents d'une roue R ; telle est la machine à laquelle on a donné le nom de *vis sans fin*, et qui est en usage dans un grand nombre de circonstances. Le plus souvent, on fait tourner le cylindre AB par une force Q qui agit sur une manivelle BC, et la roue dentée porte un autre cylindre $c\ r$ concentrique, sur lequel s'enroule une corde qui soulève un poids P. Quoique plusieurs modifications font varier la forme de cet appareil selon les circonstances, cependant on

peut toujours réduire les choses à l'état représenté par la fig. 5.

Proposons-nous de connaître les relations du poids P qui agit sur le cylindre *cr* avec la force Q qui tourne la manivelle, dans le cas où la machine est en équilibre. En examinant, comme nous avons fait pour la vis, les espaces parcourus en même temps par les deux forces, nous verrons, conformément au principe des VITESSES VIRTUELLES, que, *dans l'équilibre de la vis sans fin, la puissance* Q *qui fait tourner la manivelle, est à la résistance* P, *qui agit sur l'arbre de la roue, comme le produit du rayon de cet arbre par le pas de la vis, est au produit du rayon de la roue par la circonférence que décrit la puissance* Q.

Si l'on désigne par h le pas EF de la vis, par q le bras BC de la manivelle, par r le rayon du cylindre cr, et par k le rayon Rc de la roue, ce théorème sera exprimé par l'équation

$$Phr = 2\pi qkQ.$$

Un exemple remarquable de la vis sans fin se trouve (fig. 6) dans le moulin de Piémont pour organsiner les soies. Cette vis a un très-grand diamètre AB, et un seul pas compris entre deux plans parallèles : il est divisé en six parties égales par des *serpes ab, ab...,* qui forcent les *poncenelles* H à tourner par le moyen de six dents, ou *rodes, de,* qui garnissent leurs circonférences.

La vis sans fin s'emploie ordinairement pour communiquer le mouvement d'une roue dentée à un autre appareil. C'est ainsi que, dans le TOURNE-BROCHE, les SONNERIES de pendule, etc., le volant qui retarde le développement de la force motrice agissant sur les rouages est ralenti par la résistance de l'air, ce volant étant mis en jeu par une vis sans fin ; de même les ailes d'un moulin se mettent d'elles-mêmes au vent, en faisant tourner le comble qui porte leur arbre, à l'aide d'un engrenage et d'une vis sans fin qui le mène, reçoit son mouvement de rotation d'une autre roue ailée plus petite, disposée en forme de girouette, etc.

VIS D'ARCHIMÈDE. (*Arts mécaniques.*) Cette vis est la plus ingénieuse de toutes les machines dont nous devons l'invention aux anciens. Elle est décrite par Vitruve, qui en a donné les procédés de construction et d'usage. Quoiqu'on en ait attribué la découverte à Archimède, il paraît cependant que les Égyptiens s'en servaient, long-temps avant le célèbre géomètre grec, pour dessécher les prairies que les débordemens du Nil venaient couvrir. Cette vis sert à élever l'eau, et principalement à faire des épuisemens, et ne peut être d'un bon emploi que lorsque le tuyau de dégorgement est à une petite hauteur au-dessus du réservoir. Voici l'idée qu'on peut prendre de cette machine et des effets qu'elle produit.

Concevez qu'on ait enveloppé un cylindre (fig. 9, pl. 69 des Arts mécaniques) d'un tuyau de plomb roulé en hélice sur la surface, et que ce tuyau, ouvert aux deux bouts, soit plongé par l'un dans l'eau, tandis que l'autre soit élevé à une certaine hauteur, le cylindre ayant une situation oblique à l'horizon. Ce cylindre a son axe porté en bas par une crapaudine, et en haut par un tourillon, et peut tourner sur ces deux appuis, en le manœuvrant à l'aide d'une manivelle. Ce mouvement de rotation, imprimé en sens contraire aux révolutions de l'hélice de bas en haut, fera monter peu à peu l'eau dans le tuyau, et le liquide dégorgera par l'orifice supérieur. La vis est dite *à droite* quand elle doit tourner à gauche, et réciproquement.

En effet, l'eau sera d'abord dans le tuyau au même niveau que dans le réservoir ; le liquide y occupe le plus bas de la spire, c'est-à-dire celui où la tangente est horizontale ; mais, quand on aura tourné un peu le cylindre, la spire sera déplacée ainsi que sa tangente, laquelle ne sera plus horizontale. Il faudra donc que l'eau n'y soit plus en repos et retombe au nouveau point dont la tangente est horizontale : elle y coulera comme sur un plan incliné ; le niveau intérieur se transportera au nouveau point inférieur de la révolution hélicoïde ; en continuant de tourner, l'eau parcourra successivement les points du canal, de manière à se trouver portée à une hauteur égale au pas de la vis après une révolution. Une seconde révolution fera monter l'eau d'un autre pas, et ainsi de suite. Dans la vis d'Archimède, l'eau ne monte donc qu'en descendant, parce que le niveau intérieur parcourt un plan incliné curviligne, et s'y déplace sans cesse tout le long du tuyau jusqu'au dégorgeoir.

Il faut remarquer que la rotation imprime une force centrifuge à l'eau, qui l'élève au-dessus de son niveau naturel dans le canal, et ajoute par conséquent à l'effet produit.

Mais cette force n'est ici d'aucun secours, attendu que la vitesse qu'on imprime à la machine est toujours trop faible pour que cette action puisse exercer quelque influence.

M. Cagniard La Tour a donné de ce phénomène une explication très-facile à comprendre. Lorsqu'une vis ordinaire est portée sur des collets qui empêchent le déplacement de son axe, en ne lui laissant d'autre liberté que de tourner autour de cet axe, et qu'un écrou est engagé dans les filets de cette vis, le frottement fait tellement adhérer l'écrou, qu'il tourne aussi, emporté par la vis, à moins qu'on n'arrête la rotation de l'écrou en le retenant dans une rainure parallèle à la vis; c'est ce qu'on remarque dans les tours à fileter dont nous avons parlé, dans la machine à diviser les lignes droites, dans le support à chariot, etc. Alors l'écrou se meut le long de la vis, et parcourt un pas de la vis à chaque révolution. L'eau contenue dans la vis d'Archimède, qui est plongée par un bout, se comporte précisément comme cet écrou, parce que le frottement contre les parois est trop faible pour qu'elle soit emportée dans le mouvement de la vis. Cette eau doit donc monter ou descendre comme ferait un écrou, selon qu'on tourne la vis dans un sens ou dans l'autre.

Ainsi, on peut considérer l'eau qui est dans la vis d'Archimède comme un écrou sans frottement qui glisse le long de l'axe tournant sur ses tourillons, et prend ainsi un mouvement de translation parallèle à l'eau.

On ne se sert pas, dans les arts, de l'appareil que nous venons de décrire (fig. 9), parce que la charge d'un ou plusieurs tuyaux de plomb roulés en hélice, et débitant d'ailleurs une petite quantité d'eau, ne pourrait être d'aucun avantage; les frottemens seraient énormes, et la machine tendrait à fléchir sous son propre poids. Mais voici comment on dispose l'appareil, celui dont nous venons de parler n'étant qu'un moyen de le simplifier pour en faire comprendre les effets.

La vis d'Archimède se compose d'un noyau plein, cylindrique, et d'un *canon* ou enveloppe, qui est aussi un cylindre droit à base circulaire; ces deux cylindres ont le même axe, qui est celui de rotation. La vis est entre ces deux surfaces; elle est formée d'une nappe rampante, engendrée par une ligne droite sans cesse perpendiculaire à l'axe, qui glisse en tournant le long d'une hélice tracée sur le noyau. (*V*. fig. 11 et 10.) L'inclinaison de cette hélice sur les génératrices est constamment de 45 degrés, d'un pas arbitraire. On fait porter ordinairement sur le même noyau trois ou quatre rangs de filets semblables; les fig. 11 ou 10 représentent une coupe de la machine en position. La manivelle et le tourillon reposent sur un châssis en bois de forme carrée. Le canon est formé de douves qui sont retenues fortement entre elles par des cercles de fer placés de distance en distance : ces douves sont assez rapprochées pour ne donner à l'eau aucune issue; quoique l'air atmosphérique puisse passer entre les jointures, en conservant la densité extérieure, l'expérience a appris que cet air intérieur facilite l'action du moteur. On se sert quelquefois aussi de cuir fort épais au lieu de douves.

On trouvera, dans la *Mécanique* de M. Hachette la démonstration géométrique des principes de la vis d'Archimède, et les élémens de sa construction, ainsi qu'un tableau donnant les résultats d'expériences obtenus par MM. Touroude, Lamandé et l'auteur. Nous nous bornerons à citer les suivants :

Une vis de 5,85 mètres de long et de 49 centimètres de diamètre, était tournée par 18 hommes, en deux relais, de 9 chacun, qui travaillaient 2 heures de suite. On élevait 45 mètres cubes d'eau par heure à $3^{m},3$, ce qui faisait 450 mètres cubes pour 10 heures de travail. Le résultat était donc équivalent à 1485 mètres cubes élevés à 1 mètre par 18 hommes, ou 82 mètres cubes à 1^{m} pour le travail journalier d'un ouvrier.

Six hommes travaillant 6 heures du jour ont élevé 765 litres à 2 mètres, la vis faisant 35 tours par minute; ainsi, en une heure, on a obtenu 91,8 mètres cubes d'eau élevés à 1 mètre. On ne compte guère, dans la pratique, que sur 90 dynamies pour le travail journalier d'un homme.

La théorie de la vis d'Archimède est très-délicate, l'inclinaison des filets sur la génératrice du cylindre, celle de l'axe, la longueur de la vis, sa vitesse de rotation, sont des élémens qu'il faut déterminer de la manière la plus favorable au moteur : car il est telle combinaison de ces élémens qui ne permettrait pas à l'eau de monter, ou du moins le liquide ne monterait qu'en petite quantité.

On a coutume de donner au diamètre de l'enveloppe ou du canon le 12e de la longueur; celui du noyau est au plus le tiers du diamètre du canon; le nombre des cloisons et des canaux hélicoïdes est de trois. L'inclinaison des hélices sur l'axe est de 67 degrés environ; l'opinion des praticiens est que l'inclinaison de l'axe sur l'horizon doit être de 50 degrés. On voit, dans la *Mécanique* de M. Hachette, les détails de l'épure de cette construction, et sa théorie mathématique, à la fin du Ier vol. de l'*Architecture hydraulique* de Bélidor, dans une note de M. Navier.

M. Pattu a amélioré la vis d'Archimède. Il lui donne 6m,5 de longueur; le noyau a 13cm,5 de diamètre, le canon 46cm. Il y a deux canaux hélicoïdes dont le pas est de 43cm,2 : la génératrice des hélices n'est plus perpendiculaire au noyau, car elle y est inclinée de manière que la descente est de 10cm,8 sur les parois intérieures du canon, l'angle de cette génératrice avec celle du cylindre étant 56° 18′ 30″. Cet habile ingénieur a trouvé que les hélices droites ne donneraient que 13 litres d'eau par tour, l'axe étant incliné de 35 degrés par l'horizon; tandis que les canaux inclinés produisent 20 litres et demi, la machine faisant 16 à 20 tours par minute.

Comme l'eau entre dans le tuyau sans choc et en sort sans vitesse, parce que le fluide coule dans le tuyau avec une vitesse relative égale à celle des points du tuyau en sens contraire, on voit qu'il n'y a point de force vive perdue. Il s'ensuit que la vis d'Archimède doit être un des meilleurs moyens d'élever l'eau à une petite hauteur; mais l'effet est loin de répondre à cette théorie, car il a dans cette machine plusieurs causes de déperdition de force. D'abord une partie est dissipée par le poids même du système; mais ce poids, et par suite les frottemens qui en résultent sur les tourillons, est considérablement augmenté par celui de l'eau qui remplit la vis. En outre, la partie qui est plongée fait participer l'eau du dehors au mouvement de rotation imprimé, ce qui consomme inutilement une partie considérable de la force motrice; en sorte qu'on a intérêt à faire plonger la vis le moins possible dans le réservoir, et à diminuer les dimensions du canon; d'ailleurs l'eau doit retomber du tuyau dans une bâche, ce qui diminue encore l'effet utile.

Quand l'orifice inférieur du canon ne plonge pas entièrement dans le réservoir, l'air entre dans la vis à de certaines périodes de sa révolution, et interrompt la colonne ascendante, en sorte qu'en haut l'on voit sortir de l'eau et de l'air.

On a fait servir avec succès la vis d'Archimède, dans les moulins, pour monter le grain à l'étage d'en haut. La vis tourne, à l'aide d'engrenages, par la force motrice du moulin, et puise en bas le blé qu'on doit travailler.

M. Cagniard La Tour a eu l'ingénieuse idée de faire tourner la vis d'Archimède en sens contraire, ce qui force l'air à descendre au fond du réservoir, et comme cet air, pressé par la charge d'eau, tend à monter, il a pu tirer parti de cette force pour produire des effets mécaniques.

Cette machine est composée de deux cuves A et B remplies d'eau, la 1re à la température ambiante, la 2e chauffée au moins à 75° centig. Une vis d'Archimède tournant en sens contraire fait jaillir l'air à sa partie inférieure, et cet air est conduit par un tuyau au fond de la cuve B, où il s'échauffe et passe sous les augets d'une roue hydraulique, à laquelle il communique la force due à sa dilatation et à la charge d'eau. L'effet produit consiste à élever, au moyen d'une corde attachée à l'arbre de la roue, un poids de 15 livres avec une vitesse uniforme verticale d'un pouce par seconde, tandis que la force nécessaire pour faire tourner la vis avec cette même vitesse n'est que de 3 livres. Ainsi, l'effet de la chaleur est de quintupler la force mouvante.

Il en résulte qu'on peut prélever, sur cet effet même, de quoi suppléer à cette force, et qu'il reste encore une force disponible quadruple de la force mouvante. Un engrenage facile à se représenter servira de moyen de communication entre la vis et la roue hydraulique, en sorte que le mouvement se conservera indéfiniment, tant que l'eau du vase B sera échauffée; l'arbre de cette roue jouira en outre d'une puissance disponible, qu'on pourra employer comme on voudra. Ce serait le *mouvement perpétuel*, s'il n'était pas nécessaire de communiquer incessamment de la chaleur à l'eau.

Cette machine est employée avec de grands avantages comme SOUFFLERIE. Au lieu de se servir de l'air immergé comme agent de mouvement, on le conduit dans un fourneau où il alimente la combustion. L'appareil appelé *cagniardelle* est usité en

divers lieux avec succès ; nous avons représenté, fig. 12, pl. 69, celui qui fonctionne depuis 7 ans à Mulhausen, chez M. André Kœchlin. La vis a 8 pieds de diamètre, autant de longueur et 4 filets; elle est en tôle peinte; le corps est soutenu par des cercles en fer auxquels viennent bouter des bras partant de l'axe; les bras et l'axe sont en fer forgé.

Plusieurs hommes pouvant entrer dans la vis, il a été facile de peindre ses parois intérieures, de manière à les rendre parfaitement étanches, comme celles d'un gazomètre. Le réservoir dans lequel plonge la vis est en maçonnerie. A chaque tour complet, elle enfonce dans l'eau 160 pieds cubes d'air, sous une pression d'une demi-livre par pouce carré de surface. Elle fait ordinairement 6 tours par minute, et par conséquent souffle, dans ce temps, 960 pieds cubes d'air, quantité nécessaire pour alimenter un haut-fourneau de moyenne dimension. Cela revient à 329 hectolitres d'air, ou près de 33 mètres cubes par minute.

Cette vis est mise en mouvement par la machine à vapeur, à l'aide du pignon d'engrenage C, et consomme une quantité d'action équivalente à la force de deux chevaux. Elle fait marcher 20 feux de forge de maréchal, et deux fourneaux à la Wilkinson, qui mettent en seconde fusion 30 mille kilog. de fonte en gueuse par 24 heures. On estime que, pour produire le même effet que la *vis soufflante* avec une SOUFFLERIE anglaise la mieux construite, il faudrait dépenser une action triple, c'est-à-dire au moins 6 chevaux.

Une gueuse qui, à l'aide d'un SOUFFLET à piston, mu par la force de 2 chevaux, n'était fondue qu'en 2 heures, l'est maintenant en 15 minutes tout au plus, avec la vis soufflante. Par cette fusion rapide, la fonte acquiert une très-grande liquidité qui permet de couler des pièces délicates de grandes dimensions et faciles à travailler, sans qu'il soit nécessaire pour cet effet d'employer de la fonte de première qualité, comme auparavant.

Depuis 7 ans que la cagniardelle fonctionne à Mulhausen, elle n'a encore eu besoin d'aucune réparation.

Lorsqu'on coulait de fortes pièces, de dix mille, par exemple, il fallait d'ordinaire dix heures de chaleur soutenue, tandis que maintenant 2 heures suffisent; et à raison de la grande liquidité du métal en fusion, il ne se forme plus, comme auparavant, des masses pâteuses ou *lopins*, qui, s'accumulant peu à peu dans le fourneau de fusion, l'engorgeaient, et exigeaient des réparations fréquentes.

La quantité de combustible employé est d'une partie pour 12 de fonte, tandis qu'avec les souffleries ordinaires, la proportion varie du quart au sixième.

Ainsi, 1° suppression des dépenses d'entretien, parce qu'il n'y a que très peu de frottement; 2° moindre consommation de force motrice pour un effet égal; 3° diminution de frais de réparation de fourneaux de fusion; 4° économie notable de combustible; 5° meilleure qualité des produits : tels sont les avantages de la cagniardelle sur toutes les autres souffleries.

La fig. 12 est une coupe, par un plan vertical, du réservoir et de la vis soufflante, passant par son axe. A, grand cylindre en tôle, formant le corps de la vis; B, grande roue d'angle fixée au contour supérieur, et menée par le pignon C, que la machine à vapeur met en mouvement; D, tube central pour la circulation de l'eau; E, tuyau qui donne écoulement à l'air refoulé dans l'eau par la vis, et conduit cet air à sa destination; F, manomètre d'eau indiquant la pression de cet air (*Voy.* VENT et SOUFFLERIE); G, bassin en maçonnerie contenant l'eau où la vis est plongée. L'axe est incliné de 21 à 22 degrés.

Si l'on voulait se servir d'une vis en bois, il faudrait y couler du suif fondu pour boucher les jointures, parce que la pression de l'air extérieur forcerait l'air à remonter dans la vis, au lieu de sortir par en bas.

La vis soufflante est en usage depuis plus de 15 ans dans la fabrique de blanc de céruse de Chichy. La vis a 4 pieds de diamètre et 5 pieds de long.

On a quelquefois employé la vis d'Archimède privée de son canon, en l'exposant dans un courant d'air ou d'eau qui, en frappant sa surface hélicoïde, la faisait tourner ainsi que son axe. Il y a des tourne-broches construits sur ce principe; le courant d'air chaud qui s'élève dans la cheminée fait tourner la broche. D'autres machines de même genre servent à faire remonter les bateaux par la force d'un cours d'eau. On a encore construit des locks propres à mesurer la vitesse des navires. FR.

VIS HOLLANDAISE. (*Arts mécani-*

-*ques.*) C'est une vis d'Archimède dont l'enveloppe ou canon est fixe; l'axe et les cloisons hélicoïdes qui y sont fixées sont seules mobiles : on supprime la partie supérieure de l'enveloppe. Cette machine élève l'eau à la manière d'un CHAPELET incliné, plus solide que la vis d'Archimède ordinaire, parce que l'axe est beaucoup moins chargé ; et le canon n'imprimant plus à l'eau du réservoir un mouvement en pure perte, le produit en est plus considérable. Fr.

VITESSE. (*Arts mécaniques.*) Lorsqu'un corps se meut d'un mouvement uniforme, il décrit un certain espace dans chaque seconde, par exemple : cet espace est ce qu'on appelle la *vitesse du corps;* cette quantité est la même à tout instant, ce qui est le caractère propre au mouvement uniforme. Ainsi *la vitesse est alors le nombre de mètres parcourus dans chaque seconde*, et comme l'espace décrit est double, triple, etc., quand le temps est lui-même double, triple : on voit que cette définition équivaut à dire que la *vitesse est le quotient de l'espace divisé par le temps employé à le parcourir.* Un mobile a parcouru 24 mètres en 6 secondes; donc sa vitesse est de 4 mètres, c'est-à-dire que le mobile décrit 4 mètres par seconde.

Le mouvement est appelé *varié* quand la vitesse n'est pas constante. Ce mouvement est produit par l'action d'une force qui agit d'une manière permanente, comme la pesanteur, l'attraction, etc.; il est accéléré ou retardé selon que la vitesse du corps croît ou décroît. Pour se faire une idée de la vitesse, il faut partager, par la pensée, la seconde quelque courte que soit cette durée, en un nombre de parties extrêmement petites, chercher l'espace décrit pendant le temps de la première de ces durées, et diviser cet espace par ce temps : on a alors la vitesse que le mobile possédait à ce même instant, et qui a changé dans les instans qui ont succédé. Il est clair que cette manière de mesurer la vitesse variable revient à supposer que tout-à-coup la force a cessé d'agir, et que l'on a estimé la vitesse que le corps a prise dans le mouvement uniforme qui s'est établi en vertu de cette hypothèse.

Par exemple, un corps tombant a parcouru dans le vide 24m,52 dans la durée écoulée depuis la 2e jusqu'à la 3e seconde : ce serait faire une erreur que de lui supposer 24m,52 de vitesse après 2 secondes de chute, parce que la pesanteur, agissant sur le corps pendant la 3e seconde, a ajouté ses effets à ceux qui existaient déjà. Mais si cette durée est partagée en 10 parties, par exemple, et qu'on découvre que, dans le 1er dixième de seconde écoulé à l'expiration de la deuxième, l'espace parcouru a été 2m,10, ce résultat divisé par le temps 0″,1, donne 20m,1, et sera plus approché de la vitesse que le corps avait après 2 secondes de chute. Il faut factionner le temps en parties plus petites encore, et on trouve que la vitesse est 19m,62. (*V.* CHUTE.)

Il est vrai que ce procédé n'est pas d'une exécution possible, parce qu'on ne peut mesurer avec précision l'espace que parcourt si rapidement le mobile, ni des fractions si petites de la durée : mais cette évaluation, traduite en analyse, donne des formules qui permettent d'estimer la vitesse d'après certains espaces parcourus dans une durée finie, ou certains effets produits par le mouvement. Cette théorie appartenant à la mécanique transcendante, ne saurait trouver place ici.

Si je sais, par exemple, qu'entre l'espace parcouru e par un corps pesant qui tombe dans le vide, et le nombre t de secondes de la chute, il y a toujours cette relation $e = 4^m,905 \times t^2$, j'en conclurai, par analyse, qu'entre la vitesse v et le temps t, on a l'équation $v = 9^m,81 \times t$. Ainsi, après 1, 2, 3...., secondes, la vitesse sera 9m,81, 19m,62, 29m,43...., c'est-à-dire que la vitesse croîtra proportionnellement au nombre de secondes écoulées, ce qui est le propre de toute force accélératrice constante, telle qu'est la pesanteur.

On peut déterminer la vitese d'un corps par expérience, en lui faisant frapper le plateau d'une balance dont l'autre plateau est chargé d'un poids. Le choc enlèvera ce poids à une hauteur qu'on mesurera, et on en déduira la vitesse due à cette hauteur. (*Voyez* CHUTE.) Ainsi, la force du choc est égale au poids enlevé multiplié par cette vitesse : on divisera le produit de ces deux nombres par le poids du corps choquant, et on aura pour quotient la vitesse de ce dernier.

Lorsqu'un système est en équilibre, on appelle *vitesse virtuelle* d'un de ses points, la vitesse qu'il prenait en vertu de sa liaison aux autres parties, si, par une cause quelconque, l'équilibre était rompu. Or, c'est un théorème qu'on démontre dans la mé-

canique transcendante, que, si une machine est retenue en équilibre par des puissances quelconques, et qu'on n'ait point égard au frottement, ni aux résistances étrangères, en faisant prendre au système un petit mouvement, chaque point d'application des forces décrira un espace qu'on projettera sur la direction de la force qui le sollicite ; on fera le produit de cette force par cet espace, et *la somme de tous les produits de cette espèce sera égale à zéro*, en prenant en *moins* ceux de ces produits qui proviennent d'espaces décrits en sens contraire des forces, ou, en d'autres termes, *la somme des produits de chaque force par la vitesse virtuelle du point sur lequel elle agit, est nulle*, les vitesses étant estimées dans les sens des forces.

Ce théorème est propre à donner, dans toute machine quelconque, la relation entre les puissances, dans le cas d'équilibre; et pour conclure le cas où le mouvement est produit, il ne s'agit plus que d'accroître ou diminuer certaines forces, de manière à surmonter le frottement et les autres résistances.

Le plus ordinairement, il n'y a que deux forces qui agissent l'une contre l'autre par l'intermédiaire d'une machine. Pour obtenir la relation d'équilibre entre ces forces P et Q, on supposera que le système prend un petit mouvement autour des points ou axes fixes qui s'y trouvent, et on mesurera les espaces qui auront été décrits, en vertu de la liaison des parties, par les points auxquels les forces sont appliquées, et on estimera ces espaces dans la direction de chaque force respective. En désignant par p et q ces longueurs, la condition d'équilibre sera exprimée par l'équilibre $P\,p = Q\,q$, et on remarquera que l'un de ces espaces, p et q, est dans le sens même où la force agit, tandis que l'autre est en sens opposé. Tel est l'idée qu'il faut attacher au théorème cité à l'article Machine qui, comme on voit, n'est qu'un cas très-particulier d'une proposition embrassant tous les cas possibles.

Il convient de remarquer que le principe des vitesses virtuelles est si simple et si facile à concevoir, qu'on le trouve exposé avec une clarté remarquable dans un ouvrage de littérature, où l'on ne s'attendrait pas à le rencontrer. (*V.* l'article *Force* dans le Dictionnaire philosophique de Voltaire.)

Nous avons montré l'usage de cette proposition aux articles Vis, Vis sans fin, etc.; donnons-en encore ici quelques explications.

Dans le Levier (fig. 1, pl. 35), si les deux forces parallèles P et R sont en équilibre, nous remarquons qu'en faisant incliner la barre BC, comme on le voit (fig. 2), les points d'application B et C décrivent des arcs qui sont dans le même rapport que les longueurs AB, AC, des bras de leviers ; ces bras peuvent donc être substitués comme facteurs à ces arcs ; mais les arcs sont ici dans les directions mêmes des forces ; donc la force P, multipliée par son bras de levier AB, forme un produit égal à celui de la force R, multipliée par son bras de levier AC.

Et si les forces sont obliques (comme dans la fig. 3), en faisant tourner le levier autour du point d'appui A, les extrémités B et C décriront des arcs de cercle, dont le centre est en A, et qui seront projetés sur les directions PD, RE, des deux forces, selon des longueurs visiblement proportionnelles aux perpendiculaires AE et AD abaissées sur leurs directions ; ainsi, AD et AE pourront être substitués comme facteurs aux projections de ces arcs décrits. Donc, $P \times AD = R \times AE$, dans le cas d'équilibre. Ces théorèmes sont ceux du levier statique ; ils s'appliquent également au cas d'un levier coudé (fig. 7). *V.* l'article Levier.

L'équilibre du Treuil (fig. 7, pl. 60), est facile à exposer ; car l'espace que détruit le poids R en montant, et celui que parcourt le point E quand on fait tourner la roue et le cylindre, sont des arcs visiblement proportionnels à leurs rayons *fe*, FE ; ainsi, dans le cas d'équilibre, la force P, multipliée par le rayon FE de la roue, et le poids R, multiplié par le rayon *fe* du cylindre, doivent former des produits égaux. Cette proposition est applicable à la Chèvre (fig. 1 et 2, pl. *id.*), au Cabestan (fig. 5, pl. 8 *bis*), et à toutes les machines fondées sur le treuil. Ce que nous avons dit du rapport des vitesses des Roues dentées, formant engrenage (Tom. IX, pag. 376, pl. 54, fig. 9), n'est même que l'application littérale du principe des vitesses virtuelles à cet appareil.

Enfin, dans l'équilibre du Plan incliné (fig. 12, pl. 45), il est clair que si le poids M, représenté par la force P′, est retenu sur le plan AB par la force P, et qu'on donne un petit choc qui fasse descendre ce poids M le long de ce plan, l'espace dé-

crit L de M vers A aura pour projections sur les directions des forces L $\cos \theta'$, $\cos \theta$, en donnant aux angles les dénominations θ et θ' que la fig. indique; égalant les produits de ces projections par les forces, et supprimant le facteur L, qui est commun, on trouve la condition connue d'équilibre $P \cos \theta = P' \cos \theta'$.

Nous n'insisterons pas davantage sur ce sujet, qui est d'une telle généralité, qu'on peut le regarder comme la base de toute la statique, et que même l'illustre Lagrange l'a fait servir de principe fondamental à sa mécanique. Il n'existe aucune machine, quelque compliquée qu'elle soit, qui ne puisse être considérée comme offrant une application de cette doctrine.

Nous avons fait voir à l'article MOUVEMENT que le principe fécond des vitesses virtuelles était la démonstration du théorème le plus important de la mécanique pratique, *que ce qu'on gagne en temps, est toujours perdu en puissance* dans toute machine quelconque, et que par conséquent le *mouvement perpétuel* est impossible. Il est donc inutile de revenir sur ce sujet.

FR.

VITRIER. (*Technologie.*) L'art du *vitrier* consiste dans deux objets différens :

1° A employer le verre en tables qu'ils coupent avec le diamant, en pièces de la grandeur et de la forme des cadres de bois ou de métal que leur présentent les emplacemens qu'on veut fermer avec des feuilles de verre qu'on nomme *vitres ;* à les assujettir d'abord provisoirement à l'aide de quelques pointes ; et puis soit avec des bandes de papier collées à la colle de farine, soit avec du mastic, dit de *vitrier*, composé de céruse broyée à l'huile siccative.

2° A former les vitraux d'église et des lanternes avec des petits morceaux de verre à vitre montés en plomb fondu et tiré avec une double rainure, à l'aide d'un outil nommé *tire-plomb*, dont nous nous dispenserons de donner ici la description que l'on peut lire dans le tome 8 de l'*Encyclopédie méthodique*, division des Arts et métiers, page 667, qui est accompagnée de huit grandes planches qui ne laissent rien à désirer. Nous ferons observer seulement que ce ne sont pas les vitriers qui peignent sur verre.

L.

VIVIER. (*Technologie.*) Ce mot n'a pas conservé la signification générale qu'il avait autrefois. Aujourd'hui il est employé particulièrement pour désigner un réservoir d'eau, ou un très-petit étang, construit en maçonnerie, attenant à l'habitation, et dans lequel on conserve vivans les poissons qu'on a pêchés dans les rivières ou les étangs, afin de les y trouver au besoin.

On donne aussi le nom de *vivier* à un bateau plat qui renferme, dans l'eau, le poisson vivant, pêché à une distance considérable d'une grande ville ; ce poisson est déposé dans un vivier d'où on le retire à volonté pour la consommation de cette ville. (*Voyez* ÉTANG.)

VOILE, VOILURE. La *voile* est un assemblage de plusieurs lés ou bandes de toile forte et croisée, ou autre tissu flexible, formant une surface étendue proportionnée au bâtiment, et que l'on déploie et présente à l'impulsion du vent, pour procurer une vitesse au vaisseau à travers le fluide sur lequel il vogue. Il y a des voiles de différentes formes : les *carrées*, les *trapézoïdes* et les *triangulaires* ou *latines*. Il n'entre pas dans notre plan d'énumérer les différentes voiles que portent les divers bâtimens.

Le mot *voilure* est un nom collectif qui signifie tout l'appareil et l'assortiment des voiles d'un vaisseau.

Voilure se dit aussi de la manière particulière d'orienter les voiles et de les porter pour naviguer, suivant les différents vents, ou suivant la force du vent, ou l'état de la mer dans différentes circonstances.

VOIRIE (*Petite et Grande*). On désigne ainsi deux branches administratives qui comprennent dans leur ressort divers objets relatifs à la *voie* publique et aux usines. On donne encore la même dénomination au réceptacle des immondices des grandes villes, et notamment des VIDANGES. Nous dirons dans le Supplément quels sont les moyens nouveaux qui permettent de désinfecter bientôt les matières, en les rendant applicables immédiatement à l'agriculture, constituant ainsi l'une des plus importantes industries contemporaines.

P.

VOLANT. (*Arts mécaniques.*) On donne ce nom à deux espèces d'appareils ; ce sont des corps tournant rapidement sur un arbre, destinés l'un à donner de la régularité au mouvement de rotation, l'autre à ralentir la vitesse ou retarder le développement de la force motrice. Nous examinerons ces deux systèmes tour à tour.

Il est rare que le mouvement de rotation d'une machine soit uniforme : tantôt la

puissance motrice a des accès alternatifs de force et de faiblesse ; tantôt c'est la résistance qui n'est pas constante ; souvent ces deux causes se réunissent pour s'opposer à l'uniformité du mouvement. C'est avec un volant qu'on la produit.

Ce volant est une grande roue massive, montée sur l'arbre tournant, avec lequel elle est solidaire, accomplissant autant de révolutions que cet arbre. Voici l'effet de cette machine. La force motrice s'emploie d'abord en pure perte pour animer cette masse ; mais, dès que le mouvement est produit, elle contribue à l'entretenir ; en dépensant à son tour la force vive dont on l'a pourvue, et ajoute à la vitesse de rotation, dans les instans où la force cesse d'agir, ou est trop faible pour surmonter les résistances.

L'exemple le plus ordinaire de l'emploi d'un volant est celui où la puissance agit sur une MANIVELLE. On sait que l'homme qui tourne le bras d'une manivelle n'exerce presque aucune action quand il le relève, et que toute sa force s'y développe avec le plus d'avantage quand il pousse ce bras devant lui, et y appuie en s'aidant du poids de son corps. Ainsi, il y a, comme on a coutume de le dire UN TEMPS MORT, ce qui signifie que la force n'agit activement que pendant environ un quart ou un tiers de la circonférence qu'elle décrit.

Et si la manivelle est menée par le balancier d'une MACHINE A VAPEUR, à double effet, chaque révolution a deux temps morts ; car il est facile de voir que, quand la bielle tend directement à l'axe de rotation, elle ne peut faire tourner le bras de la manivelle.

On monte alors un volant sur l'arbre de rotation, et la force vive, que lui imprime la puissance pendant sa phase d'intensité, est restituée par cette masse pendant l'intermittence ; en sorte que la rotation est à-peu-près uniforme. Il ne faut pas croire, avec quelques personnes peu éclairées, que le volant soit destiné à accroître la force motrice ; il n'a pour but que d'en régulariser les effets ; c'est pour ainsi dire un réservoir de force que le moteur remplit à ses dépens quand son action est la plus intense, et qui la dépense ensuite quand le moteur est dans son accès de faiblesse.

C'est ainsi que, dans les laminoirs mus par un cours d'eau, la force motrice peut être considérée comme constante : on en dépense une partie à faire tourner à *vide* le volant ; et, lorsqu'il marche rapidement, on charge le laminoir que le cours d'eau ne pourrait seul faire tourner en surmomtant la résistance ; mais le volant ajoute sa puis- à celle de la chute d'eau, et fait fonctionner la machine, sauf à recommencer peu après la même manœuvre.

Il faut toujours proportionner la masse et la vitesse du volant à l'effet qu'on veut obtenir. Pour mouvoir la manivelle d'une pompe à bras par une rotation continue, un petit volant circulaire est suffisant ; mais, dans les grandes machines à vapeur, le volant est souvent énorme. Comme la force vive de ce corps est mesurée par Mv^2, M étant la masse et v sa vitesse, le même effet peut être obtenu en augmentant M et diminuant v, ou réciproquement. Mais il faut observer qu'il y a toujours de l'avantage à diminuer la masse et accroître la vitesse, parce que d'une part ce dernier facteur est en carré, tandis que de l'autre, en augmentant la masse, on charge les tourillons et on rend les frottemens plus considérables.

Il ne faut pas oublier que le volant dissipe toujours une partie de la force vive qu'on lui confie, tant par les frottemens de l'arbre que par la résistance de l'air, qui croît comme les carrés des vitesses. Mais cette résistance est ici très-faible, à cause de la forme circulaire du volant, à moins qu'on ne le compose de masses disposées en cercle et symétriquement autour de l'arbre tournant : ainsi, les plus grands volans, surtout pour les machines à vapeur, sont préférables à ceux qui sont très-pesans.

La limite de grandeur des volans est cependant déterminée par l'emplacement où on loge la machine, et par les difficultés et frais de fonte et ajustement de ces grands appareils. On les fond en deux ou trois parties quand ils ont 12 à 15 pieds de diamètre, et chacune de ces pièces est formée d'une portion de jante, d'une portion de moyeu, et de deux ou trois raies. On ajuste ensuite le tout sur place, on alèse le moyeu et on monte. L'usage des praticiens est de donner au diamètre du volant 5 à 6 fois celui de la manivelle. Hachette a calculé la masse M d'un volant capable de surmonter seul les résistances pendant 5 tours de la manivelle et de son arbre, le diamètre du volant étant 5 fois celui de la manivelle, et il obtient la formule

$$M = 37,47 \times \frac{pd^2}{nl}.$$

l est la course du piston, d son diamètre, n le nombre de tours du volant par minute, et p la pression sur un mètre carré de surface. L'unité est le mètre pour l, d, et le kilogr. pour p et M ; comme le volant est en fonte de fer, il est difficile d'en calculer l'épaisseur.

On trouvera (1) de même que si le volant d'une manivelle est construit de manière à pouvoir animer une machine quelconque, la faire fonctionner et entretenir son mouvement pendant i tours de l'arbre, que cet arbre fasse n tours par minute, que le diamètre du volant doit D, sa masse sera :

$$M = 119,26 \times \frac{i\,P}{n D^2}$$

P étant l'effet dynamique que doit produire la machine par tour de volant, c'est-à-dire le nombre de kilogr. qu'on veut élever à 1 mètre de hauteur. M et P sont exprimés en kilogr. et D en mètres.

Lorsqu'il s'agit de mouvoir un bateau à vapeur, une meule de moulin, une meule de rémouleur, la pédale d'un rouet, celle d'un tour de tourneur, etc., comme la vitesse acquise par la masse qu'on fait mouvoir tend à conserver le mouvemnt, cette masse fait fonction de volant et dispense d'en faire usage ; la pédale se relève d'ellemême quand on cesse de la presser.

La force centrifuge d'un volant ne produit aucun effet sur l'arbre tournant, parce que les divers points en sont disposés symétriquement de part et d'autre de l'axe. Cependant, il arrive quelquefois qu'on charge davantage certaines parties de ce corps que d'autres, pour que, se trouvant placées plus favorablement dans les temps morts de la manivelle, l'action en soit plus énergique. C'est ce qu'on fait dans les machines à vapeur à simple effet et dans d'autres circonstances. Dans ce cas, la force centrifuge tend à faire sortir le volant et son arbre de ses collets, et le constructeur doit avoir égard à cette circonstance.

Le volant doit être fixé près de la force motrice, quand c'est elle qui est irrégulière, c'est-à-dire sur l'arbre qu'elle fait tourner directement. On le fixe près de la résistance quand c'est celle-ci dont on veut corriger les inégalités.

La seconde espèce de volant est destinée à modérer la vitesse de rotation. Nous en avons donné un exemple ingénieux dans le Régulateur que Watt a employé dans ses machines à vapeur. Mais le plus souvent, on se contente de placer à l'extrémité de bras symétriques des masses qu'on fait rapidement circuler, ou bien on se sert d'un plan ou aile mobile qui frappe vivement l'air. Comme la résistance de l'air croit proportionnellement au carré des vitesses, il en résulte le ralentissement de la force imprimée par le moteur.

C'est ce qu'on remarque dans les Tournebroches, où, par un engrenage, on fait circuler rapidement, à l'aide d'une vis sans fin, un croisillon en métal dont chaque bras porte une masse au bout. Ce système remplit à la fois les deux conditions d'être un régulateur du mouvement et un modérateur de la force motrice : car les inégalités de poids de la pièce qu'on veut rôtir sont corrigées par ce volant, qui ne laisse développer qu'avec une lenteur calculée sa force motrice, force qui est un poids descendant, ou un ressort spiral.

Les Sonneries des pendules portent un engrenage qui imprime une vitesse considérable à un axe de rotation qu'on garnit d'une lame ou d'une aile frappant vivement l'air. La résistance de l'air est assez considérable pour retarder le développement du ressort moteur, et laisser entre les coups de marteau un temps suffisant pour laisser compter les résonnances du timbre qu'il frappe ; et lorsque l'arrêt qui limite la sonnerie intervient, pour éviter le choc qu'éprouverait cette aile, on la monte sur une roue de rochet qui lui laisse la facilité de continuer seule quelques pas, et d'épuiser sa force.

---

(1) La masse M du volant doit élever ce poids M à la hauteur h en 1″, son effet dynamique $= Mh = \frac{Mv^2}{2g}$, v étant la vitesse due à la hauteur h, et $g = 9^m,81$, $v^2 = 2gh$ (V. Chute). Mais la circonférence du volant $= \pi D$ et fait n tours par minute, savoir : $v = \frac{\pi D n}{60}$ par seconde. Ainsi $Mh = \frac{M\pi^2 D^2 n^2}{60^2 . 2g}$. Le volant fait un tour en $\frac{60''}{n}$; ainsi son effet dynamique, ou le nombre de kilog. qu'il peut élever à 1^m par tour de volant, est $\frac{M\pi^2 D^2 n}{120 g}$. Puisque cet effet pendant i tours doit équivaloir à i fois P, en égalant ces valeurs, on trouve $M = \frac{120\, i\, P g}{\pi^2 D^2 n}$, formule qui revient à celle du texte, en mettant $9^m,81$ pour g, et 3,14159 pour π.

Dans les LAMPES mécaniques de Carcel et autres, le moteur est aussi un ressort spiral roulé dans un barillet, dont le développement est ralenti par un volant qu'un système de roues dentées fait rapidement circuler; en sorte que la durée de l'action du ressort suffit aux plus longues soirées, sans qu'il soit nécessaire de le remonter.

FR.

VOLATILISATION. *V.* SUBLIMATION.

P.

VOLUME. (*Arts de calcul.*) On rencontre souvent dans les arts l'occasion d'évaluer le volume des corps : nous donnerons ici l'appréciation de ces quantités, et nous ne nous servirons que des nouvelles mesures françaises, dont les rapports avec les anciennes ont été exposés à l'article MESURE.

On commence par choisir pour unité linéaire une longueur telle que le mètre, le décimètre, etc., et on a pour but de chercher combien de fois le volume d'un corps proposé contient d'unités cubiques, ayant pour côté l'unité linéaire. Ce nombre de fois est la mesure de ce volume.

Si le corps a une forme régulière et géométrique, on en évalue les trois dimensions en se servant de cette unité linéaire; le calcul fait ensuite connaître le volume, d'après les théorèmes de géométrie, dont nous rappellerons ici succinctement les énoncés.

Le volume d'un prisme ou d'un parallélipipède quelconque est le produit de la surface de sa base par sa hauteur.

La même règle convient aussi au cylindre : si l'on désigne par R le rayon du cercle de la base, et par H la hauteur, le volume $= 3{,}14159 \times R^2H$.

Le volume d'une pyramide est le tiers du produit de la base par la hauteur.

La même règle s'applique au cône : R et H conservant l'acception ci-dessus, le volume du cône $= 1{,}0472 \times R^2H$.

Le tronc de prisme triangulaire a pour volume le produit de sa base par le tiers de la somme des hauteurs des trois sommets. En décomposant un prisme quelconque tronqué, en prismes triangulaires, par des plans conduits suivant une arète et ses parallèles, on obtient le volume de ce corps qui est la somme de ces prismes.

Le volume du tronc de pyramide triangulaire à bases parallèles est $\frac{1}{3}H(B+b+\sqrt{Bb})$, B et b désignent les aires de ces bases, et H la hauteur du tronc. Ce théorème sert à trouver le volume d'un tronc de pyramide quelconque, en le décomposant comme le prisme ci-dessus.

Le volume du tronc de cône à bases parallèles s'obtient par la même formule qui se réduit à $1{,}0472 \times H(H^2 + r^2 + Rr)$, en désignant par R et r les rayons des bases.

Le volume de la sphère est le produit de sa surface par le tiers du rayon, ou, ce qui équivaut, *du cube du rayon par le nombre* $4{,}1888 = 4{,}1888 \times R^3$.

Le volume du segment sphérique à une seule base

$$= 1{,}0472\, h^2 (3\,R\text{-}h)\,;$$

en désignant par h la hauteur ou *flèche* de ce segment, et par R le rayon de la sphère.

Le volume du segment sphérique a deux bases $= 1{,}5708\, h\,(r^2 \times r'^2) + 0{,}5236\, h^3 = 1{,}5708\, h\,(r^2 + r'^2) + 0{,}5236\, h^3$; h est la hauteur du segment, r et r' les rayons des deux bases parallèles.

Le volume du segment sphérique $= 2{,}0944 \times R^2 h$, R étant le rayon de la sphère, h la hauteur de la calotte ou *flèche*.

Voici quelques exemples numériques propres à montrer l'application de ces théorèmes.

Un mur a $2^m{,}8$ de hauteur, 6 décimètres (ou $0^m{,}6$) d'épaisseur et $104^m{,}5$ de longueur : le produit de ces trois nombres est 175,56; ainsi le volume total est de 175,56 mètres cubes ou 175 mètres cubes et 560 décimètres cubes.

Une pile de bois, rangée en forme de parallélipipède a $22^m{,}3$ de largeur, $54^m{,}8$ de hauteur, $37^m{,}1$ de longueur; combien contient-elle de stères ou mètres cubes? On multiplie ces trois nombres, et on a 45337 stères et 684 décimètres cubes.

Une chaudière cylindrique a 8,3 décimètres de profondeur, 13 décimètres de largeur; quelle est sa capacité? Le carré du rayon 6,5 est 42,25 décimètres carrés; multipliant par 8,3 et par 3,14159, le produit limité à 3 décimales est 1101,677, ainsi la chaudière contient 1101 litres ou décimètres cubes, et la fraction 0,677 de litre (à-peu-près 11 hectolitres).

Un puits profond de $6^m{,}9$ a $1^m{,}2$ de diamètre intérieur; son bâti a 5 décimètres d'épaisseur; on demande quel cube il a fallu de pierre pour sa construction? On calcule les volumes du cylindre vide et intérieur; et du cylindre extérieur considéré comme plein, et on prend la différence. Pour le

premier, on fait le carré du rayon 0,m6 qu'on multiplie par 6m,9 et par 3,14159, et on a 7,8037 mètres cubes. Pour le second, on fait le carré du rayon 1m,1, et on multiplie par 6m,9 et par 3,14159; il vient 26,2291; la différence 18,425, en se bornant à trois décimales, est le volume cherché : la construction du puits a exigé 18 mètres cubes et 425 décimètres cubes.

Un seau en forme de cône tronqué, a 2,9 décimètres et 2,3 décimètres de largeur à ses deux bases; la profondeur perpendiculaire est de trois décimètres; combien ce vase contient-il de litres? Les carrés des rayons 1,45 et 1,15 sont 2,1025 et 1,3225; le produit de ces rayons est 1,6675 ; la somme de ces trois nombres est 5.0925 décimètres carrés; multipliant par la hauteur 3 et par 1,0472, le produit est 15,9985 décimètres cubes; le volume du seau est donc de près de 16 litres. Si l'on veut savoir combien la chaudière qu'on vient de prendre pour exemple contient de seaux, on divisera 1101 par 16, et on aura environ 69 seaux.

On trouvera à l'art. Jaugeage le calcul propre à faire connaître la capacité d'un tonneau.

Lorsque le corps dont on cherche le volume est irrégulier, on le conçoit partagé par des plans convenablement conduits, en d'autres corps dont chacun soit géométrique, ou si près de l'être qu'on puisse sans erreur notable les considérer comme tels.

Au reste, le *volume d'un corps peut se déduire de son poids;* car nous avons vu à l'article Poids spécifique, qu'en multipliant le volume du corps par le nombre de notre table qui exprime ce dernier poids, ou celui d'un égal volume d'eau, on obtient le poids du corps : donc, *en divisant le poids d'un corps en kilogr. par son poids spécifique, le quotient exprime le volume de ce corps en décimètres cubes*, etc.

Ainsi un essieu de fer pèse 80,32 kilogr., et on sait que le fer pèse 7,7 fois plus que l'eau : divisant 80,32 par 7,7, on trouve que le volume est 10,43 décimètres cubes, ou 10430 centimètres cubes. Fr.

VOLUMES. (*Mesures étrangères.*) Nous avons donné à l'art. Mesures les rapports des unités métriques françaises avec celles des divers pays qui sont en relations commerciales avec nous : mais, à l'exception des mesures de la Grande-Bretagne et du canton de Vaud, il n'y a pas été traité des mesures de volumes, nous réservant d'en faire le sujet d'un article séparé. Nous allons nous en occuper ici.

1° *Mesures pour les substances sèches.*

Berne, le mutt = 168,132 litres, il se divise en 12 mass, 48 immi, 96 achterli.

Bâle, le sack = 136,66 litres = 8 scheffel ou mudde = 32 kupflein = 64 becher.

Genève, la coupe de blé = 77,653 litres.

Hollande, le scheppel = 27,814 litres.

Autriche, le metzen = 61,496 litres = 4 viertel = 8 achtel.

Bohême, le strick = 106,771 litres = 4 viertel = 16 messel = 192 seidel.

Milan, le moggio = 146,24 litres = 8 staja = 32 quartari = 128 meta = 512 quartini.

Venise, le moggio = 80 litres = 8 staja = 16 quartari = 64 quartoli.

Bavière, le scheffel = 222,354 litres = 6 metzen = 15 viertel = 48 messel.

Augsbourg, le schaf de blé = 205,3 litres = 8 metzen = 32 vierling.

Nuremberg, le malter = 318,1376 litres = 16 metzen = 128 maas.

Belgique, le mudde = 100 litres.

Brunswick, le himten = 31.167 litres.

Danemarck, le toonde = 139 litres = 8 skieps = 144 pots.

Espagne, la fanega d'avila qui est l'étalon légal = 50,02 litres; elle se divise en 2 et 4 parties, et aussi en 12 celemines; la celemine vaut 4 quartillos, 8 octovos, 16 octovillos. On fait aussi usage du cahiz, mesure imaginaire, de 16 fanegas. On emploie encore une fanega qui vaut 56.351 litres, etc.

Rome, le rubbio = 294,46 litres = 4 quarte = 16 scorzi = 32 quartucci. On le divise aussi en 12 ou 16 stari, et en 22 scorzi.

Hambourg, le scheffel de blé = 105,296 litres = 2 fass = 4 himten = 16 spint.

Hanovre, l'himten = 31,16 litres = 3 metzen.

Constantinople, le killot de blé = 33,148 litres.

Parme, le stajo = 51,37 litres = 16 quarterole.

Pologne, le korzec = 128 litres = 4 cwierc = 32 garniec.

Portugal, la fanega = 54,2633 litres = 4 alquieros = 16 quartos.

Prusse, le scheffel = 54,961 litres = 16 metzen = 48 viertel; il y a aussi un scheffel de 54,73 litres = 4 viertel = 16 metzen.

Cologne, le malter = 143,54 litres = 8 fass.

Russie, le tchetvert = 209,71 litres = 2 osmine = 4 payak = 8 tcheverick = 32 tchetvertka = 64 garnietz.

Piémont, le sac de blé = 115 litres = 3 staje = 6 mine = 12 quartieri = 48 copelli.

Gênes, la mina = 120,716 litres = 8 quarti = 96 gombette.

Saxe, *Dresde*, *Leipsick*, le scheffel = 103,9 litres = 4 viertel = 16 metzen; le vispel = 2 malter = 24 scheffel.

Sicile, *Naples*, le tomolo = 55,134 litres = 4 quarte; à Palerme la salma grossa = 34,431 litres = 14 staja, la salma ordinaire = 27,669 litres.

Suède, la tunna = 146,49 litres = 2 spann = 8 fjerdingar = 32 koppar = 56 kann.

Toscane, le stajo = 24,369 litres = 2 mine = 4 quarti = 32 mezette; le modio = 24 staja.

Wurtemberg, le scheffel = 177,22 litres = 8 simri = 32 vierling.

Mesures de liquides.

Bâle, *Berne*, le maas = 1,671 litres, l'ohm = 45, 507 litres = 128 pots.

Genève, le setier = 45,224 litres = 48 pots, le char vaut 12 setiers.

Hollande, l'aam de vin = 155,224 litres = 4 anker = 8 stekan = 64 stoop = 128 mengel = 256 pintes = 512 mutjes. Le stekan de bierre = 19,656 litres = 16 mengel = 32 pintes. Le stop = 2,425 litres.

Autriche, l'eimer = 56,6 litres = 4 viertel = 40 maas = 70 kopfen = 168 seidel. L'eimer de Bohême = 64,167 litres = 32 pintes = 128 seidel.

Milan, la brenta = 75,552 litres = 3 staja = 6 mime = 12 quartari = 48 pintes = 96 boccali.

Venise, le secchio = 10.8 litres = 4 bozze = 16 quartuzzi; le miro d'huile = 15,238 litres.

Bavière, l'eimer de vin = 68,416 litres = 64 maas = 256 quartel.

Augsbourg, le maas = 1,177 litres; le fudes = 16 muids = 768 maas.

Belgique, le vat = 100 litres.

Brunswick, le stubgen = 3,74 litres; le fuder = 4 oxoft = 6 ams = 240 stubgen.

Danemarck, le viertel = 7,7223 litres = 4 kan = 8 pots; l'auker = 37,646 litres = 39 pots.

Espagne, la cruche ou cantara = 32 quartillos = 8 azumbres; le quartillo = 0,5043145 litres et se divise en 2 et en 4 parties. On se sert en outre d'une mesure imaginaire, el moyo, qui vaut 16 cantaras. Une multitude d'autres unités locales sont en usage. Il y a un arroba de vin = 16.073 litres = 8 azumbres; une autre d'huile = 12,633 litres, etc.

Rome, le baril de vin = 58,3416 litres = 32 boccali = 128 fogliette; la botte vaut 16 barils; le baril d'huile = 57,48 litres = 28 boccali = 112 fogliette = 448 quartucci. La soma d'huile = 164,23 litres = 80 boccali; le boccali = 2 pelli ou mastelli = 20 cagnatelle.

Hambourg, l'ahm = 144,4 litres = 4 anker = 5 eimer = 20 viertel = 40 stubgen = 160 quarters.

Hanovre, l'ahm = 156,862 litres, se divise comme à Hambourg.

Constantinople, l'almude = 5,227 litres.

Pologne, le garnice = 4 litres = 4 kwarta. = 16 kwaterka.

Portugal, l'almude = 16,541 litres = 12 canadas = 48 quartillos.

Prusse, l'eimer de vin = 68,69 litres = 2 anker = 60 viertels; l'ohm = 149,7973 litres = 2 eimer.

Cologne, l'ohm de vin = 138,22 litres = 26 viertels = 104 maas.

Russie, le vedro = 12,29 litres = 100 tcharkey.

Piémont, le rubbio = 9,389 litres = 6 pintes = 12 boccali.

Gênes, la mezzarola de vin = 148,45 litres = 2 barilli = 100 pirtes.

Saxe, l'eimer = 67,43 litres = 72 kann: l'eimer de Leipsick = 75,852 litres = 63 kann.

Sicile, *Naples*, le baril de vin = 43,621 litres = 60 caraffi; le carro = 2 botte = 24 barils. La salma d'huile = 158,459 litres = 16 staja = 256 quarti. A Palerme, la salma = 87,36 litres = 8 barils 16 quartari = 320 quartini; le caffino = 11,7 litres, et pèse 12,5 rotoli.

Suède, la tunna = 125,52 litres 48 kann.

Toscane, le baril de vin = 45,584 litres = 20 fiaschi = 80 mezette; le baril d'huile = 33,426 litres = 16 fiaschi = 64 mezette; la soma = 2 barils.

Voyez les tables de M. Guérin, à la fin de la géographie de M. Balbi. FR.

VOUTÉ, VOUSSOIRS. (*Architecture.*) Une voûte est composée de pierres appelées *voussoirs*, dont la forme est celle d'un *coin tronqué*, c'est-à dire plus étroites au bout intérieur; en sorte que la tendance que chacune a à tomber est détruite par

les voussoirs voisins qui ne laissent entre eux qu'un passage trop étroit pour que l'intermédiaire puisse descendre. Le voussoir du sommet de la voûte est la *clef ;* c'est lui qui serre toutes les parties les unes contre les autres, et maintient l'équilibre.

Pour construire une voûte, on établit d'abord un bâtis en charpente, en forme de demi-cercle, d'un rayon égal à celui de la voûte. Ce bâtis, mis en place, sert à soutenir les voussoirs qu'on y apporte successivement, jusqu'à ce que la clef soit posée. Alors on enlève cette charpente pour l'établir plus loin et prolonger le berceau. Quant aux voussoirs, chacun est taillé à part, d'après une épure qui en détermine les dimensions exactes; car il ne faut pas qu'on soit réduit à la nécessité de travailler les pierres après coup lorsqu'on les a mises en place, afin d'en réparer les irrégularités. C'est l'*appareilleur* qui fait les épures et ordonne la taille, que la voûte soit droite ou oblique, horizontale ou en descente, etc.

On lie ordinairement les voussoirs par un mortier de chaux et ciment, pour éviter de laisser quelques espaces vides sur lesquels agiraient les animaux, ou les influences atmosphériques, pour en accélérer la destruction.

La surface courbe du voussoir, qu'on aperçoit sous la voûte, est appelée *intrados*, l'extérieur *extrados ;* les *joints* sont les faces planes, selon lesquelles les pierres s'appliquent l'une contre l'autre. Nous ne dirons rien ici de la Poussée des voutes ou de l'effort auquel il faut résister pour empêcher le renversement de la construction; ce sujet a été traité ailleurs.

Ce que nous venons de dire des voûtes en pierre de taille peut être appliqué aux voûtes en moellons, en meulières, en briques, etc.; on a même imaginé de cuire des poteries en leur donnant la forme de voussoirs qu'il ne s'agit plus que de mettre en place et lier entre elles. Les berceaux de caves sont faits en voûtes, destinées à porter les terres qui constituent le rez-de-chaussée. Fr.

Z

ZIG-ZAG. (*Arts Mécaniques.*) Concevez un appareil formé de deux branches croisées en X, ayant un axe de rotation au point de croisement, à la manière des *ciseaux :* en rapprochant l'un de l'autre les bouts inférieurs des branches, le même effet se produira sur les extrémités opposées, et la vitesse de celle-ci croîtra avec la longueur relative des branches supérieures. La tenaille ou pince dont on se sert dans les bancs à tirer et les tréfileries, ou lorsqu'on veut soulever des fardeaux, est un exemple du parti que la mécanique peut tirer de cet appareil fort simple. Les fig. 3, 4 et 5, pl. 61 des Arts mécaniques, montrent comment on l'emploie. La fig. 15, pl. 39, en indique une autre application, ayant pour objet de changer le mouvement rectiligne alternatif d'une bielle *hi*, en mouvement de rotation continu d'une roue *bd*.

La règle Parallèle, fig. 7, pl. 12 des Arts de calcul, et même le Pantographe, fig. 2, même pl., peuvent être considérés aussi comme des modifications du même principe. Il est inutile de multiplier les citations de ce genre; car la mécanique emploie de manières très-variées l'appareil très-simple que nous venons de décrire.

Concevez maintenant qu'une seconde X soit placée au-dessus de la première, les bouts supérieurs de l'une étant articulés par des axes de rotation avec les bouts inférieurs de l'autre; qu'une troisième X soit assemblée de même au bout de la seconde, et ainsi de suite. Le système ainsi formé est ce qu'on appelle un Zig-Zag. L'effet de cet appareil consiste à rapprocher les extrémités de leurs bases, lorsqu'on éloigne celle-ci, et réciproquement. On compose de cet assemblage un jouet d'enfant, en faisant porter par chaque axe de rotation une petite figure de soldat; le mouvement qu'on donne aux deux branches inférieures de la première X produit dans ces figures des espèces d'évolutions.

Le zig-zag est rarement employé en mécanique, à cause que la force motrice y éprouve beaucoup de désavantage sous le rapport de l'intensité développée, qui se traduit en augmentation de vitesse, sauf la perte due aux frottemens des nombreux axes de rotation. Toutefois le P. Duvivier l'a appliqué à une machine destinée par lui à remonter les bateaux (machines approuvées par l'Académie des sciences, tome VI, n° 429). Leupold dans son *Theatrum ma-*

chinarum, donne quelques exemples de l'usage du *zig-zag*. On trouve encore des applications de ce même mouvement à des machines très imparfaites dans l'ouvrage de Jacques Besson (*Théâtres des instrumens de mathématiques*). Cet auteur communique le mouvement alternatif circulaire par une vis fixe, composée de deux parties taillées en vis, et dont les hélices tournent en sens opposés. La vis, en tournant, oblige deux écrous, qui se trouvent aux extrémités des deux dernières branches du zig-zag à s'éloigner et à se rapprocher alternativement. Ce mécanisme peut recevoir quelques utiles applications.

L'usage le plus remarquable du zig-zag est l'emploi qu'on en fait dans le Dévidoir; l'asple se replie et se trouve réduit à un très-petit volume quand on n'en veut pas faire usage, et peut se développer et s'étendre de manière à enrouler le fil sur des contours de dimensions variées. Ce mécanisme est trop connu pour exiger une plus longue description; il est ici d'une utilité et d'une simplicité très-ingénieuse. Fr.

ZINC. L'époque de la découverte de ce métal ne parait pas très-ancienne; les Romains ne se servaient pas du zinc à l'état métallique, mais ils connaissaient l'emploi des minerais de zinc dans la fabrication du laiton, ou cuivre jaune, et ils savaient qu'en les faisant brûler, il s'en volatilisait une espèce de cendre blanche, qui avait des vertus médicinales importantes. Long-temps l'usage du zinc a été borné à la fabrication du laiton. Depuis trente ans environ, on est parvenu à laminer ce métal avec facilité, et maintenant on emploie le zinc concurremment avec le plomb pour certains usages, principalement pour la couverture des édifices, et la confection de tuyaux. Depuis une dixaine d'années surtout, la consommation du zinc a augmenté dans une très-grande proportion; elle était en France, en 1821, d'environ 1000 quintaux métriques; elle surpasse maintenant 2000 quintaux, indépendamment de la calamine. Quelque extension que l'usage du zinc ait acquis, néanmoins la plus grande consommation de ce métal a lieu pour la fabrication du laiton.

Propriétés principales du zinc. Il est d'une couleur blanche, brillante avec une nuance de bleu; sa structure est lamelleuse. Le zinc forme, pour ainsi dire, la limite entre les métaux cassans et les métaux malléables; sa ductilité ne peut entrer en comparaison avec celle du cuivre, du plomb ou de l'étain, et cependant il n'est pas aussi cassant que l'antimoine ou l'arsenic. A la température ordinaire, le zinc se gerce en même temps qu'ils s'aplatit sous le marteau; quand il a été chauffé à un degré de chaleur peu supérieur à l'ébullition de l'eau, on peut le réduire en feuilles très-minces, ou même l'étirer en fils extrêmement déliés. Il a peu de ténacité; un fil de $0^m,002$ de diamètre rompt sous un poids de 12 kilogr. environ; il est mou, et graisse la lime; il n'est point sonore; sa dilatabilité linéaire est de 1/340 pour l'intervalle thermométrique, compris entre $0°$ et $100°$. La pesanteur spécifique du zinc varie de 6.861 à 7,191; il a une odeur et une saveur sensibles, quoique très-faibles.

Le zinc fond à la température de $360°$ centigrades; et si on augmente la chaleur, il se volatilise; au rouge blanc on peut le distiller. Quand on le laisse refroidir lentement après qu'il a été fondu, il se cristallise en petits faisceaux de prismes quadrangulaires disposés dans tous les sens.

Exposé à l'air, le zinc se ternit promptement, mais il n'y éprouve à peine aucun autre changement. Lorsqu'on le garde sous l'eau, sa surface se noircit aussitôt; l'eau est lentement décomposée; il y a émission de gaz hydrogène et combinaison de l'oxigène avec le métal; il ne tarde pas alors à se couvrir d'une croûte de protoxide d'un gris clair, qui préserve le métal jusqu'à un certain point d'une oxidation plus profonde. Lorsqu'on le fait fondre au contact de l'air, la surface du zinc se couvre presque immédiatement d'une pellicule grise, qui se renouvelle toutes les fois qu'on remue le bain; quand il est très-chaud, il s'embrase comme de l'huile, ses vapeurs brûlent dans l'air avec une flamme blanche des plus éclatantes; l'oxide qui résulte de cette combustion se dépose sur les corps environnans, sous la forme de houppes cotonneuses, légères, d'un très-beau blanc; les alchimistes désignaient cet oxide sous le nom de *laine philosophique*, de *fleur de zinc*, *nihil album*; ils l'appelaient aussi *pompholix*. L'oxide de zinc est composé de :

Zinc.	0,802	100
Oxigène. . .	0,198	24,8

Il est représenté par $\dot{Z}n$; l'hydrate de zinc contient 0,1826 d'eau ou 2 atomes.

Le zinc est attaquable par tous les acides, même par les acides organiques les plus faibles, et par l'acide carbonique. Lorsque l'acide nitrique est concentré, il agit si vivement sur le zinc, qu'il peut y avoir inflammation. L'acide sulfurique étendu d'eau, dissout le zinc avec dégagement de gaz hydrogène, même à froid : cette propriété est mise en usage pour obtenir du gaz hydrogène.

Les *sels de zinc* sont tous incolores; la plupart sont solubes dans l'eau et presque tous, même les insolubles dans l'eau, pourvu qu'ils n'aient pas été calcinés, se dissolvent dans l'ammoniaque, dans le carbonate d'ammoniaque et dans les alcalis fixes. Les sels solubles sont précipités en blanc par les alcalis caustiques et l'ammoniaque, dont un excès redissout le précipité. Le prussiate de potasse précipite les sels de zinc en poudre blanche ; le précipité est insoluble dans les acides. Les hydrosulfates précipitent les sels de zinc, et les dissolutions alcalines de ce métal à l'état de sulfure parfaitement blanc.

Le phosphore se combine facilement avec le zinc; il suffit d'en jeter des petits morceaux dans ce métal en fusion; il se combine aussi avec l'oxide de zinc ; le soufre ne peut s'unir directement avec le zinc; le meilleur moyen de préparer le sulfure est de décomposer le sulfate anhydre, en l'exposant à la chaleur dans un creuset, avec un mélange de poussière de charbon. Le zinc s'allie facilement à la plupart des métaux; mais les seuls alliages qui aient de l'intérêt pour les arts sont ceux avec le cuivre et l'étain. L'atome de zinc pèse 403,226.

Minerais de zinc. On trouve dans la nature plusieurs combinaisons oxigénées de zinc; *l'oxide terreux*, *l'oxide manganésifère* ou *brucite*, *l'alluminate* ou *gahnite*, et la *francklinite* : des combinaisons sulfurées ou séléniées, tels sont le *sulfure* ou *blende*, *l'oxisulfure*, le *sulfate*, et le *séléniure*; deux silicates, le *silicate anhydre* et le *silicate hydreux*; enfin deux carbonates, le *carbonate anhydre* et le *carbonate hydreux*. Le sulfure de zinc et le carbonate anhydre sont les deux seuls minéraux qui fournissent le zinc aux arts, ce qui nous engage à donner seulement la description de ces deux espèces.

Sulfure de zinc ou *blende des minéralogistes*. Cette substance est presque constamment à l'état lamelleux; son grand nombre de clivages qui mènent au dodécaèdre régulier, joints à son éclat très-vif, fournissent des moyens faciles de reconnaitre la blende, même à la simple vue. La forme de ses cristaux est le tétraèdre, l'octaèdre, le dodécaèdre, et surtout le dodécaèdre transposé. Lorsque la blende est transparente, sa couleur est un jaune de soufre, mais le plus ordinairement elle est ou d'un brun-rouge ou verdâtre; elle est à la fois dure et fragile. En laissant tomber un morceau de blende, il se brise en fragmens qui présentent le clivage dodécaèdre. Dans quelques localités, la blende est à l'état de concrétion, elle constitue alors des masses mamelonnées analogues au fer hématite; elle est dans ce cas presque toujours d'un brun très-foncé. La pesanteur spécifique du sulfure de zinc varie de 3,77 à 4,078; au chalumeau il décrépite et il est infusible; le sulfure de zinc est composé de 0,667 de zinc, et 0,333 de soufre; presque toujours la blende est mélangée d'une certaine quantité de sulfure de fer, souvent en outre elle renferme un peu de sulfure de cadmium.

Carbonate de zinc ou *calamine*. Cette substance est le minerai de zinc le plus commun; il se trouve en masse compacte, à l'état cristallin, ou en stalactites. La forme primitive du carbonate de zinc est un rhomboïde sous l'angle de 107°,40′; c'est également la forme la plus habituelle de ses cristaux. Il est blanc et opalin, assez souvent coloré en ocre par le mélange d'une petite quantité de fer carbonaté. Il a l'éclat vitreux et un peu perlé; sa cassure est unie ou imparfaitement conchoïde; lorsque la calamine est compacte, ce qui est le cas le plus ordinaire, elle est caverneuse et imprégnée d'hydrate de fer. La pesantenr spécifique du carbonate de zinc est de 4,442; au chalumeau il se décompose, et donne de l'oxide qui est infusible. Au feu de réduction il donne des fumées blanches dues au zinc qui se volatilise à mesure qu'il se réduit : il est soluble dans les acides, avec effervescence. Il est composé de 25 d'acide carbonique et 65 d'oxide, mais il est presque toujours mélangé d'une petite quantité de carbonate de fer. Outre ce mélange intime, qui a lieu pour ainsi dire de molécule à molécule, le carbonate de zinc est presque toujours associé avec des silicates de zinc, lesquels étant indécomposables par les procédés de réduction employés en grand, loin d'enrichir le minerai, occasionnent au con-

traire une augmentation de dépense de combustible. L'expression de *calamine* s'applique spécialement à ces mélanges de minerai qui sont constans dans les gisemens du carbonate de zinc. Souvent les calamines sont colorées par une assez forte proportion d'oxide de fer ; on les désigne alors sous le nom de *calamines rouges*, pour les distinguer des *calamines blanches*, qui sont exemptes de fer.

Cadmies ou *kiess*. Outre les deux minerais précédens, les seuls, ainsi que je l'ai annoncé, qui fournissent du zinc au commerce, on extrait, dans quelques localités, ce métal de dépôts qui se forment dans certains hauts-fourneaux à fer, des Pays-Bas, ainsi que dans les fourneaux à cuivre et à plomb du Hartz et de la Silésie. Le zinc, mélangé à l'état de carbonate avec le minerai de fer, ou à l'état de sulfure avec les minerais de cuivre et de plomb, se sublime à mesure qu'il se convertit en zinc métallique. Dans les hauts-fourneaux, les vapeurs de zinc se brûlent lorsqu'elles arrivent dans la partie supérieure, et se déposent sous forme de fumée sur les parois de la cheminée, constamment refroidie par l'air ambiant et les charges qu'on y jette. Ces cadmies s'y accumulent quelquefois en si grande quantité qu'elles obstrueraient promptement le gueulard, si on n'avait le soin de les enlever de temps en temps. Dans les fourneaux à manche, destinés au travail du plomb, c'est dans la partie inférieure du fourneau que le zinc se rassemble ; on a soin d'y placer une avance sur laquelle il se dépose.

Les *cadmies*, désignées aussi par le nom de *kiess* dans les usines du pays de Liége, sont extrêmement riches en oxides de zinc ; elles en contiennent jusqu'à 96 0/0. Leur teneur habituelle est de 90 ; elles sont mélangées d'oxide de plomb et d'oxide de fer, ces produits sont ordinairement très-compactes et fortement agglomérées : elles sont formées de couches concentriques, mamelonnées à grains cristallins, et d'un gris verdâtre ; leur coloration paraît due à du protoxide de fer.

Gisemens des minerais de zinc. Le sulfure de zinc ne forme pas ordinairement des gisemens particuliers ; il est presque toujours associé au sulfure de plomb. (*Voir* l'article PLOMB, GISEMENS DES MINERAIS.) La calamine se trouve dans deux circonstances assez différentes : en couches dans les terrains de transition, comme à Isserlohn ; en filons dans les mêmes terrains, à Masloc dans le Derbyshire ; enfin, en veinules et en amas dans les terrains secondaires, mais principalement près de la ligne de contact de ces formations avec les roches anciennes. Ce gisement est le plus habituel. En France, nous en connaissons d'assez nombreux exemples à la séparation du lias et du granit. Malheureusement jusqu'ici la calamine ne s'y est pas trouvée en quantité suffisante pour donner lieu à une exploitation utile. Les gisemens de calamine les plus importans sont dans les environs d'Aix-le-Chapelle et de Liége. Près de la première de ces villes la calamine constitue au Stolberg des amas irréguliers, situés sur les hauteurs qui bordent les deux rives de la vallée de Vicht, et déposés dans les fentes et les crevasses du terrain de transition. La calamine est disséminée en rognons dans une argile jaune ; elle est mélangée de plomb et d'une assez grande quantité de fer. L'amas dit de la Veille, montagne près de Liége, est le plus fameux de tous. Il est exploité par d'immenses gradins droits, complètement pratiqués dans la masse calaminaire.

Préparation mécanique des minerais de zinc. La calamine est presque toujours associée à une assez grande proportion d'argile ; on l'en sépare par une exposition à l'air prolongée, qui varie de trois mois à un an. L'argile se délite et se sépare d'elle-même de la partie métallifère. Pour hâter cette séparation, on retourne de temps en temps le tas de minerai, afin d'en exposer toutes les surfaces à l'action de l'air ; on trie alors la calamine riche ; on la casse en morceaux de la grosseur d'un œuf de pigeon, en ayant soin d'enlever toute la galène que le minerai peut contenir, car la présence du plomb exercerait une action très-nuisible sur les creusets dans lesquels on opère la réduction du zinc. Le déchet, qui contient encore quelques parties de calamine mélangée d'argile, est soumis à un lavage grossier, dans une petite caisse traversée par un fort courant d'eau.

Traitement métallurgique. Le principe sur lequel repose l'extraction du zinc métallique de ses minerais, consiste à les amener à l'état d'oxide par une première opération que l'on appelle *grillage*. On réduit l'oxide obtenu en le mélangeant avec de la poussière de charbon, et on met à profit la propriété que le zinc possède de se volatili-

ser à la température du rouge-blanc pour le séparer de sa gangue par une espèce de distillation.

Nous allons donner la description de ces opérations successives, ainsi que des appareils dans lesquels on les exécute.

Grillage de la calamine. Cette opération n'est pas absolument nécessaire. La calamine étant un carbonate de zinc, on pourrait opérer la réduction immédiatement; mais l'expérience prouve que la calamine calcinée est non-seulement plus facile à distiller, mais que son produit en zinc est un peu plus considérable, avantages qui compensent de beaucoup les frais du grillage. Cette opération se réduit à une simple calcination. Néanmoins, le zinc étant volatil, on comprend que le mélange du minerai et du charbon amènerait inévitablement la perte de tout le métal, qui se réduirait par le contact du charbon. Aussi doit-on se servir, pour cet usage, soit de fourneaux à réverbère, soit de fours à cuve, dans lesquels la chauffe est entièrement séparée de l'intérieur du fourneau.

a. *Grillage dans les fourneaux à réverbère.* Ce procédé est employé à Matloc, dans le Derbyshire et à Tarnowitz en Silésie. Les fourneaux à réverbère de Tarnowitz sont rectangulaires; ils ont extérieurement 18 pieds de long sur 10 de large, et intérieurement 11 pieds sur 7. La sole est horizontale et formée de briques placées de champ. La voûte, très-surbaissée, porte en son milieu (fig. 1 et 2, pl. 96) une ouverture T, par laquelle on charge le minerai dans le fourneau; deux portes P servent à brasser le minerai pendant le grillage. C'est également par ces ouvertures qu'on le retire quand l'opération est terminée. Ces deux portes sont placées sur les côtés opposés du fourneau, et presqu'aux extrémités de la sole. Le grillage est continu, c'est-à-dire qu'une charge succède immédiatement à une autre, sans qu'on laisse refroidir le fourneau. Les charges varient de 1200 à 1500 kilogrammes. Un ouvrier verse le minerai au moyen de la trémie T, tandis qu'un autre l'étend sur la sole du fourneau avec un rable; on ferme alors les portes ainsi que l'ouverture supérieure. Lorsque la calamine est rouge, on la retourne d'heure en heure, afin d'exposer de nouvelles surfaces à l'action de la chaleur, et hâter la décomposition. L'opération dure environ six heures : on reconnaît qu'elle est terminée par l'aspect que prend la calamine et la couleur de la flamme qui brûle à sa surface. La calamine se laisse alors écraser avec facilité, et devient d'un brun d'autant plus foncé qu'elle était plus chargée de fer. D'après M. Manès (1), la consommation en houille est, à Tarnowitz, de 20 kilog. 5 pour un quintal métrique de calamine calcinée; pour obtenir cette quantité, il faut 165 kilog. de minerai brut. A Matloc, la consommation ne s'élève qu'à 18 kilog. de houille.

b. *Grillage dans des fourneaux à cuve.* Ces fourneaux sont plus généralement employés; ce sont les seuls en usage dans la Belgique et la province de Liége, pays qui fournissent plus des deux tiers du zinc livré au commerce. Leur forme varie dans chaque usine; mais le principe sur lequel il repose est commun, c'est l'isolement du combustible. Le dessin que nous donnons (fig. 3, 4 et 5, pl. 96) représente le fourneau employé à Iserlohn, dans le grand-duché du Bas-Rhin. Sa forme extérieure est celle d'un prisme; la cuve est un cône renversé, dont les bases ont 5 pieds et 2 pieds et demi de diamètre, et la hauteur 6 pieds; le fourneau est surmonté d'une cheminée mobile en tôle *c*, qui attire la flamme au centre de la masse; la chauffe A est séparée du fourneau, elle est placée en dessous; la flamme, avant de pénétrer dans l'intérieur du fourneau par les ouvreaux *o,o*, est obligée de circuler autour du massif, lequel est pour ainsi dire entouré d'une surface annulaire embrasée; par cette disposition, le minerai n'est que légèrement soumis à l'influence réductrice des gaz carbonés : cependant la réduction a lieu en partie près des ouvreaux.

La partie inférieure du cône B, qui forme la base du fourneau, est disposée en coin, afin de forcer le minerai à se porter vers les portes P et P′, par lesquelles on l'enlève quand le grillage est terminé; cette disposition permettrait de rendre l'opération continue, car à mesure que la calamine serait grillée, on pourrait la retirer par les portes, tandis qu'on en chargerait de nouvelle dans le gueulard. On obtiendrait plusieurs avantages à rendre l'opération continue, d'abord une économie assez notable de charbon, mais surtout une plus grande uniformité dans le grillage, la calamine passant successivement dans toute la hauteur du fourneau.

L'opération se conduit comme la cuisson

(1) Annales de Mines, 1re série, t. XII, p. 249.

de la chaux; on emplit le fourneau par sa partie supérieure, en ayant soin de charger les plus gros morceaux les premiers. La quantité de calamine que l'on jette ainsi dans le fourneau à chaque grillage varie de 4,800 kil. à 5,000. La durée de l'opération est de 12 à 16 heures; il faut ménager avec précaution le feu, attendu que lorsque la grille est trop chargée de charbon, il entre dans le fourneau une grande quantité de gaz carboné, et il se perd du zinc; la dépense en houille est de 18,860 liv. par 1,000 quintaux de 110 liv. chaque, ce qui établit la consommation à 17 kilogr. 14 par quintal métrique de calamine grillée, dépense un peu moindre qu'en Silésie et dans le Derbyshire.

La perte de la calamine à la calcination est d'environ 1/5; 100 kilogr. de calamine donnent 85 kilogr. de calamine grillée; le prix de la main-d'œuvre est de 0, fr. 07 pour cette quantité.

La calamine prend ordinairement une teinte très-foncée par le grillage; elle devient presque toujours d'un rouge brique, et perd sa cohésion; on la réduit en poudre pour que la distillation soit plus facile; on se sert pour cet usage de petits moulins assez analogues aux moulins à blé; la calamine est admise entre les meules au moyen d'une trémie.

Grillage de la blende. Malgré l'avantage qu'il y aurait, dans certaines localités, à extraire le zinc métallique de la blende, cependant jusqu'à présent il n'existe qu'un très-petit nombre d'établissemens dans lesquels on traite le sulfure de zinc directement; dans les contrées où ce minerai est mis à profit, c'est seulement comme objet accessoire. Ainsi, dans les usines du Hartz, les sulfures de cuivre et les sulfures de plomb sont très-mélangés de blende; on pourrait, il est vrai, les en séparer en grande partie par le lavage; mais comme ces minerais sont argentifères, l'enrichissement que leur procurerait un lavage plus soigné, occasionnerait souvent une perte considérable en argent; on préfère donc y laisser une assez grande quantité de blende. Ce minerai se réduit en même temps que les autres sulfures, et se volatilise ensuite dans l'intérieur du fourneau, où l'on pratique certaines dispositions pour le recueillir. Dans l'usine d'Ocker, au Hartz, on place dans les fourneaux à manche, destinés au traitement de la galène, une plaque ou assiette de schiste *m n* (fig. 18, pl. 96), qui s'appuie sur la poitrine du fourneau. Le niveau de cet assiette est un peu au-dessous de la tuyère; la poitrine forme une avance considérable au-dessus de l'assiette; de sorte que les vapeurs de zinc qui pénètrent dans cet espace s'y trouvent à l'abri du courant d'air et s'y condensent, tandis que celles qui sont au-dessus de la tuyère, sont enlevées dans la partie supérieure du fourneau. L'assiette est inclinée vers le poitrail, afin que le zinc métallique réduit ne coule pas dans le fourneau; on pratique même un petit canal dans lequel le métal se rassemble, et on le recueille tous les trois jours. On peut aussi, sans interrompre le travail, enlever l'assiette sur laquelle l'oxide de zinc qui s'accumule sans cesse finirait par obstruer le fourneau.

Grillage de la blende dans des fourneaux à réverbère. En Angleterre, il existe deux usines dans lesquelles on pratique le grillage de la blende directement; elles sont situées dans les environs d'Holywell, dans le pays de Galles. Les fourneaux en usage pour cette opération ont environ 10 pieds de long sur 8 de large, ils sont très-surbaissés; on place sur la sole une couche de blende d'environ quatre pouces d'épaisseur; la blende ne s'agglutine pas comme le sulfure de plomb; il est seulement nécessaire de la remuer presque constamment pour renouveler ses surfaces, et exposer successivement toutes ses parties à l'oxidation; la blende s'enflamme aussitôt qu'elle commence à s'échauffer; quand le soufre cesse de brûler, on ne voit plus qu'une fumée qui diminue peu à peu, et qui disparaît dès que le grillage est terminé; 100 kilogrammes de blende donnent moyennement 80 kilogram. de minerai grillé; la consommation de combustible est très-faible, elle ne dépasse pas 6 kilogrammes par quintal métrique de blende.

Cette opération présente quelque difficulté, quand le minerai sur lequel on opère est en poudre fine, comme les schlicks qui proviennent du lavage sur les tables dormantes ou sur les tables à secousse; on y a substitué, à l'usine de Davos, dans le canton des Grisons, un procédé particulier qui a été couronné d'un plein succès. Le grillage est séparé en deux opérations distinctes : dans la première on fait une pâte de la blende en poudre, en la mélangeant d'un quart de son poids de chaux éteinte;

on moule ce mélange sous forme de briques, que l'on expose sur la sole d'un fourneau (fig. 8 et 9, pl. 96) qui a la forme générale d'une moufle; deux chauffes *c* et *c'* placées en dessous, portent la chaleur dans l'intérieur du fourneau au moyen des nombreux ouvreaux *o,o,* etc., dont la sole est percée; les briques sont mises de champ, à des distances convenables pour que l'air puisse circuler librement; on dispose plusieurs couches l'une sur l'autre, en entrecroisant les briques; on fait alors du feu dans les deux chauffes, en ayant soin de graduer la température; au bout de six ou huit heures, on cesse de mettre du bois, et le grillage continue par la combustion du soufre contenu dans la blende. Quand l'opération est terminée, ce que l'on reconnait à la disparition de la flamme et de la fumée, on laisse refroidir le fourneau, et on retire les briques de blende grillées; le grillage n'est pas uniforme dans toutes les parties des briques; pour remédier à cet inconvénient, on les écrase et on les soumet à un second grillage dans des petits fourneaux à réverbère placés aux angles du fourneau de réduction, de la même manière que les fours à cuire les pots le sont dans les verreries. Dans cette seconde opération, on remue la matière, et on y ajoute un peu de poussière de charbon pour décomposer le sulfate qui s'est formé par la combustion du soufre.

Réduction des oxides de zinc. Le grillage de la calamine et de la blende transforme ces minerais en oxide de zinc. Nous avons déjà annoncé que la réduction de cet oxide, qui avait lieu par l'intermédiaire du charbon, était une véritable distillation que l'on effectuait, tantôt dans des appareils disposés de telle façon que le zinc vaporisé ou fondu s'écoulait dans des récipiens, tantôt dans des espèces de cornues communiquant avec des réservoirs ou condenseurs.

Nous allons donner un exemple de ces deux dispositions presque également en usage. Mais avant de les décrire, nous devons faire remarquer que le zinc métallique se combine facilement avec la plupart des métaux, et, par suite, qu'il faut nécessairement se servir de vases de terre pour exécuter cette réduction. Il faut en outre que la terre avec laquelle on fabrique ces vases soit réfractaire; sans cette condition, on serait obligé de les renouveler trop souvent, et les dépenses augmenteraient dans une grande proportion; la fabrication de ces vases est soumise aux mêmes précautions que les pots de verrerie. Nous renvoyons à cet article le lecteur qui désire les connaître.

a. *Distillation per descensum.* Ce procédé est employé en Angleterre et en Carinthie; les uzines à zinc d'Angleterre sont situées presque toutes aux environs de Bristol et de Birmingham. Les fours en usage pour la réduction sont rectangulaires ou ronds : ils renferment 6 ou 8 pots; les fours circulaires présentent plus de facilité pour le travail, et sont les plus généralement employés. Ils ne contiennent ordinairement que six pots (fig. 10 et 11, pl. 96). Les pots P y sont introduits en démolissant les petits murs *a,a;* ceux que l'on remplace pendant que le four est en activité sont chauffés préalablement dans un four particulier destiné à cet usage. Le transport et le placement de ces pots se font au moyen d'une pince montée sur deux roues en fer, représentées (fig. 12); les pots sont faits en argile; ils sont percés à leur partie inférieure (fig. 13) d'un trou T, par lequel le zinc coule dans le condenseur. Pour charger ces pots on commence par boucher le trou inférieur au moyen d'une pièce de bois convenable, et dont le charbon empêche le mélange de s'écouler.

On laisse le trou du couvercle T ouvert environ deux heures après la charge, jusqu'à ce que la couleur bleue de la flamme indique un commencement de réduction. A cette époque on le ferme avec un plateau d'argile C; on place les tuyaux de tôle *v* à la suite des condenseurs et au-dessus des vases de même matière *n* destinés à recevoir le métal. Quelquefois ces vases sont remplis d'eau pour empêcher le zinc qui tombe de jaillir en dehors. Le seul soin des ouvriers consiste à alimenter le feu, et à déboucher les condenseurs, qui sont quelquefois engorgés par le zinc qui s'y amasse en trop grande abondance; ils le font en déterminant la fusion du métal au moyen d'une tige recourbée de fer rouge qu'ils introduisent par la partie inférieure.

Le zinc recueilli dans cette opération est sous forme de gouttes et de poudre fine, mélangées d'oxide; on le fond de nouveau dans une chaudière en fer; l'oxide s'écume à la surface pour être remis dans les pots, et le métal est coulé dans des lingotières.

Pour décharger les creusets à la fin de chaque opération, on retire le condenseur; l'ouvrier brise alors, avec un ringard, le

charbon qui bouche le fond du creuset, et le résidu tombe; il achève de le vider en agitant par la partie supérieure. On fait cinq fontes en quinze jours; leur consommation pour une tonne de zinc métallique ou 2000 kilogr., est de 3 tonneaux de calamine et de 24 tonneaux de houille.

En Carinthie, on opère la réduction du zinc dans un appareil composé de quatre fourneaux contenant 160 tuyaux verticaux, fermés par leur partie supérieure et ouverts dans le bas. Le principe sur lequel il repose est le même que le fourneau de Bristol. Ce système étant très-coûteux et peu employé, nous nous contentons de le mentionner.

b. *Distillation per ascensum.* Cette méthode est maintenant généralement employée dans les usines de la Silésie et de la Belgique; à Tarnowitz, cette distillation s'opère dans des moufles de terre *f* (fig. 6 et 7, pl. 96), placées dans un four à réverbère, et qui communique avec un récipient *i* placé à l'extérieur; on accolle ordinairement deux fourneaux l'un à l'autre, de manière que la chauffe *d* est placée au centre de l'appareil composé ordinairement de dix moufles placés symétriquement; le mélange de charbon et de calamine grillée est placé dans les moufles, et le zinc, à mesure qu'il se volatilise, se rend dans les récipiens aux moyens des cols *h*. La flamme et la fumée s'échappent du fourneau par des ouvertures *k* pratiquées dans la voûte et dans les parois du fourneau. C'est par leur moyen que la chaleur se porte autour de chaque moufle et les échauffe également.

Les moufles et les cols doivent être en argile réfractaire; leur fabrication exige beaucoup de soins; elles doivent être cuites avant d'être transportées dans le fourneau de distillation.

On introduit dans les moufles un demi-quintal de calamine calcinée que l'on a préalablement mélangée d'un volume égal correspondant environ à 22 livres de petit coke qui tombe sous la grille de la chauffe. Le mélange de calamine et de coke se fait dans des caisses séparées; on charge les moufles toutes les vingt-quatre heures.

Dans le commencement de l'opération, le col des moufles étand froid, il s'y condense une certaine quantité de zinc que l'on détache avec une petite tige en fer; bientôt, au contraire, la température du col s'élève, et une partie des vapeurs du zinc arrivent dans le récipient, brûlent avec une flamme verte et se convertissent en oxide. On obtient donc dans le récipient, du zinc en gouttelettes mélangé de zinc oxidé. Il reste en outre dans les moufles des résidus à demi-fondus qu'on retire avant de faire une nouvelle charge.

Dans cette opération, un quintal métrique de zinc impur exige 2 qt. m, 08 de calamine grillée, 14,22 hectolitres de houille et 0 qt,68 de coke.

Le zinc en gouttelettes est soumis à une nouvelle opération pour être purifié et coulé en formes convenables au commerce; cette fusion s'opère dans des pots de fer de 12 pouces de diamètre, qui peuvent contenir jusqu'à 3 quintaux de métal. Ces pots sont chauffés à la manière des chaudières; on y puise le zinc avec une cuillère et on le coule sur des plaques de grès placées horizontalement; le déchet de cette fonte est d'environ 15 pour cent; il est vrai que les crasses sont fort riches en zinc, et qu'on les repasse à la distillation avec la calamine; il en résulte que le quintal métrique de zinc impur rend environ 0,95 de zinc pur, avec une dépense de 0,175 hectolitre de houille.

A Iserlohn la distillation du zinc se fait dans un appareil composé de tuyaux horizontaux; les fig. 14, 15, 16 et 17, pl. 96, représentent le fourneau que l'on emploie dans cet établissement; il est formé d'un espace à section rectangulaire recouvert par une voûte cylindrique dont les arêtes sont parallèles aux petits côtés. La paroi antérieure est composée de briques d'une forme particulière dont les unes verticales et les autres horizontales comprennent entre elles des vides quadrangulaires *m*, *m*, *l*, dans lesquels on place les cylindres ou cornues destinés à la distillation du zinc; ces cornues, au nombre de 21, reposent sur des briques *t, t, t,* en saillie sur le mur de derrière du fourneau.

La chauffe est recouverte d'une voûte circulaire percée de huit ouvertures *o,* correspondantes aux intervalles que laissent entre elles les rangées verticales de cylindres. Cette disposition a pour but d'empêcher la flamme de se porter immédiatement sur les cornues, qui se détruiraient très-promptement sans cette précaution. La flamme s'échappe du fourneau par 3 ouvertures, *n, n', n'',* placées à la voûte supérieure; le tirage est déterminé par une cheminée de 45 pieds.

Les cylindres *ab* (fig. 16) ont 3 pieds de

long sur 8 pouces de diamètre; ils sont fermés à une de leurs extrémités B; à l'autre est adapté un récipient conique en fonte *c, d*.

Toutes les parties du fourneau, ainsi que les cylindres, sont construits en briques réfractaires.

La calamine grillée et pulvérisée est mélangée à-peu-près avec partie égale de houille menue, proportion qui correspond en poids à 2 de minerai pour une de houille; on introduit à-la-fois dans les 21 cylindres 320 livres de calamine et on obtient 260 livres de zinc; les récipiens doivent être lutés avec soin; la durée de la distillation d'une charge est de 12 heures.

Les gaz inflammables de la houille se dégagent après une certaine quantité de vapeurs d'eau; puis enfin vient l'oxide de carbone accompagné de vapeurs de zinc qui se condensent dans le récipient, après la formation d'une assez grande quantité d'oxide de zinc, qui obstrue l'extrémité du récipient et empêche le zinc liquide de couler à l'extérieur.

Pendant les 12 heures que dure la distillation, on retire à six reprises le zinc qui se trouve dans les récipiens, au moyen d'une cuvette en fer, et on le recueille dans de grandes cuillères.

Le zinc obtenu est mélangé d'oxide; il est refondu, comme nous l'avons déjà indiqué.

100 livres de calamine grillée donnent 40 livres de zinc, et l'on consomme 50 de houille pour le mélange et 300 pour la chauffe. En réunissant la dépense de combustible, du grillage et de la distillation, on trouve que la consommation totale est de 925 de houille pour 100 de zinc; si on compare les dépenses de ce procédé et de ceux que nous avons indiqués ci-dessus, on trouvera qu'il est de beaucoup le plus économique. En effet, à Birmingham, la consommation en houille est de 24 kilogrammes pour 1 de zinc; elle est d'environ 15 en Silésie, tandis qu'elle s'élève seulement à 9 à Iserlohn.

La durée d'une campagne, dans cette dernière usine, est de vingt semaines. Elle est entièrement déterminée par celle de la chauffe, dont la voûte se détruit peu à peu.

Les cylindres, quoique d'excellente qualité, se détériorent cependant assez promptement : ils durent moyennement trois à quatre semaines; on s'apperçoit qu'ils sont détériorés parce que le zinc s'échappe par les fissures et communique à la flamme une vivacité qui ne lui est pas habituelle; on retire les cylindres à mesure qu'ils sont détériorés, mais on ne les remplace que lorsqu'il en manque trois à quatre; ces cylindres doivent être échauffés d'avance. On apporte les mêmes soins dans cette opération que pour le changement des pots *f*, ou des cornues dans les usines de Tarnowitz ou de Birmingham.

Laminage du zinc. Il est impossible de forger le zinc, et, lorsqu'il est fondu, il cristallise et devient cassant; c'est donc presque toujours à l'état de feuilles que ce métal est employé : cette opération présente beaucoup de difficulté, parce que le zinc n'est malléable qu'à la température de 130 à 150°; aussi les fabricans de zinc font-ils tous un secret de leur procédé, et les usines de cette nature sont des asiles sacrés dans lesquels on ne pénètre presque jamais.

Avant de laminer le zinc, on le fond et on le moule en plaques; la fusion s'opère dans des chaudières de fonte; mais l'affinité du zinc pour le fer est telle qu'il se forme promptement un alliage, qui apporte beaucoup de difficulté au laminage; en effet, cet alliage étant très-dur, s'il en reste quelques grains dans les feuilles, ils s'en séparent en passant sous le laminoir, et laissent un trou qui le met hors de service.

Les plaques, après avoir été coulées, sont dégrossies sous le laminoir; on les réchauffe de temps en temps dans un four à réverbère; lorsqu'elles sont parvenues à la température convenable (130° à 150°), elles sont laminées de nouveau; enfin, quand les feuilles sont déjà amincies, on les assortit plusieurs ensemble, et on finit le travail en passant sous le laminoir six ou huit feuilles réunies. Les feuilles de zinc sont ensuite recuites et ébarbées; les ébarbures sont ajoutées à une nouvelle fonte.

Pour que le zinc conserve toujours la température convenable au laminage, on a soin de maintenir les cylindres à une chaleur de 100°.

Essais et analyse des minerais de zinc et des produits qui résultent du traitement de ce métal. Les essais des minerais de zinc carbonaté et des cadmies de fourneaux se font de la même manière. On peut doser le zinc, soit en l'obtenant directement, soit par différence. La première méthode est une

simple distillation ; on mêle les substances qui contiennent le zinc avec de la poussière de charbon, et, après avoir placé le mélange dans une cornue, on le chauffe à la chaleur blanche. Les oxides et les carbonates de zinc sont bientôt réduits ; le zinc se volatilise et se condense dans le col de la cornue. Cette méthode, en apparence si simple, offre cependant de grandes difficultés dans l'exécution. Le zinc, répandu le long du col de la cornue, y adhère fortement et est très-difficile à recueillir ; en outre, une certaine portion de zinc s'oxide par l'air qui entre dans la cornue, et qu'il est de toute nécessité de laisser ouverte. La proportion de zinc qui s'oxide est d'autant plus grande qu'on opère sur de plus petites masses, et elle est toujours très-grande sur les essais ordinaires qui se font sur 10 à 30 grammes de matière. On est alors obligé de dissoudre dans l'acide nitrique le zinc qu'on ne peut pas détacher de la cornue, ainsi que l'oxide formé ; on décompose le nitrate de zinc par la chaleur, et on pèse l'oxide de zinc qui en résulte. Ce procédé est difficile à exécuter, et surtout fort long. Il est bien préférable de doser le zinc par différence, en prenant le poids de toutes les substances avec lesquelles il est mélangé.

L'opération peut se faire à une température moyenne, ou à la température des essais de fer. Dans le premier cas, il est à craindre que tout le zinc ne soit pas volatilisé, tandis que la seconde méthode ne présente pas cet inconvénient. C'est la seule que nous indiquerons. Quel que soit le procédé que l'on emploie, il faut commencer par expulser ou par doser toutes les substances volatiles que la matière à essayer peut contenir. S'il y a de l'eau ou de l'acide carbonique, on les dose par simple calcination ; s'il y a mélange de charbon, comme cela se rencontre dans plusieurs produits d'arts, il faut s'en débarrasser par le grillage.

Les essais de zinc, à une haute température, se font exactement de la même manière que les essais de fer (1). « On chauffe » la matière dans un creuset brasqué, avec » addition de substances fixes, propres à » faire fondre les gangues mêlées à l'oxide » de zinc, si ces gangues ne sont pas fu» sibles par elles-mêmes. On pèse le culot, » qui se compose d'une scorie vitreuse et de » grenailles de fer ; on recueille ces gre» nailles, on en prend le poids, et l'on a » par différence celui de la scorie ; on ajoute » au poids de la fonte le poids de l'oxigène » que le fer a dû perdre dans l'opération ; » et, en retranchant du poids de la matière » le poids du culot total et de l'oxigène » ainsi calculé, on a la proportion d'oxide » de zinc réduit dans l'essai. D'un autre » côté, en retranchant du poids de la scorie » le poids du flux ajouté, on a la propor» tion des substances terreuses et des oxides » irréductibles qui étaient mélangés à l'oxide » de zinc. » Pour rendre ce que nous venons de dire plus clair, nous allons indiquer un exemple. Supposons que le minerai de zinc à essayer soit un minerai de fer contenant de l'oxide de zinc, et que 10 grammes de minerai cru correspondent à 8 grammes 33 de minerai grillé ; on ajoutera à ce minerai, comme fondans, 1 gramme d'argile calcinée et 0 gram. 40 de chaux ; la matière soumise à l'essai sera de 9 gram. 73. Supposons maintenant qu'on obtienne un culot de fonte pesant 4 gram. 53, et 1 gram. 60 de scorie : si on ajoute à ces produits 1 gram. 94 pour l'oxigène correspondant aux 4 gram. 53 de fonte, on trouve que le minerai essayé contenait 8 gram. 07 d'oxide de fer, de gangue et de fondans, et, par suite, que la différence 1 gram. 66 entre la matière soumise à l'essai et les produits qu'il a donnés, représente l'oxide de zinc volatilisé.

Pour essayer le sulfure de zinc, et en général les matières zincifères sulfurées, il faut les griller et les traiter ensuite comme les matières oxidées. On exécute le grillage en plaçant le minerai en poudre sur un têt, et le remuant constamment avec une petite tige en fer. Il faut chauffer d'abord légèrement, pour qu'il n'y ait pas agglomération dans le cas où la matière serait mélangée d'une certaine quantité de sulfure de fer : à la fin de l'opération, on donne un coup de feu pour décomposer le peu de sulfate qui aurait pu se former.

L'analyse de la blende se fait en la dissolvant dans de l'acide nitrique étendu, qui en sépare le soufre, la gangue siliceuse, etc. On fait sécher ce résidu, on le pèse, puis on fait brûler le soufre. On prend alors de nouveau le poids de ce résidu, et la différence donne le soufre qui était en suspension ; presque toujours une certaine quantité est passée à l'état de sulfate. On précipite

(1) Traité des Essais par la voie sèche, par M. Berthier, t. II, p. 597. Chez Tomine, libraire.

la dissolution du minerai dans l'acide nitrique au moyen de la soude, et on fait redissoudre dans l'acide hydrochlorique le précipité obtenu. S'il se trouve du cuivre dans la liqueur, on l'en sépare en plongeant une lame de fer, et on en précipite ensuite le fer en y ajoutant de l'ammoniaque en excès. On ajoute un peu de nitrate de plomb; l'acide sulfurique, qui s'est formé dans l'attaque, se précipite à l'état de sulfate; on se débarrasse du plomb en excès au moyen d'un courant d'acide hydrosulfurique; enfin, pour séparer le zinc, qui reste seul en dissolution, on évapore à siccité; on dissout le résidu dans de l'acide hydrochlorique, et on précipite l'oxide métallique au moyen de la soude.

Pour analyser la calamine, on la fait digérer dans une quantité déterminée d'acide nitrique faible; la perte en poids que le mélange a éprouvé représente la quantité d'acide carbonique contenu dans la mine. Si on n'a pas eu soin de tenir note de cette circonstance, on ne pourra connaître la proportion d'acide carbonique que par la perte de l'analyse; il serait plus exact de recueillir l'acide carbonique en le faisant passer dans de l'eau de chaux ou de l'eau de baryte. La partie non attaquée par l'acide nitrique est alors reprise par l'acide hydrochlorique bouillant; on sépare de la liqueur, et on lave avec de l'eau bouillante la portion qui n'a pas été dissoute, et qui est composée de silice. On fait alors évaporer à siccité la dissolution nitrique qui contient le zinc, et presque toujours du fer et de l'alumine. On fait redissoudre le résidu, en y ajoutant de l'ammoniaque en excès pour en précipiter complètement le fer et l'alumine, qui restent insolubles, et que l'on peut ensuite séparer l'un de l'autre au moyen de la potasse. Le zinc, qui reste en dissolution, peut être séparé en ajoutant de l'acide à la liqueur, ou en la faisant évaporer à siccité; enfin, la dissolution hydrochlorique contient ordinairement du fer et de l'alumine; on sépare le fer au moyen de la potasse caustique, qui le précipite, et on obtient l'alumine en versant de l'ammoniaque dans la liqueur; le fer, précipité par la potasse, est toujours allié avec une certaine quantité de cet alcali; il est nécessaire de le redissoudre dans l'acide hydrochlorique et de le précipiter de nouveau par l'ammoniaque. D.

FIN DU DICTIONNAIRE TECHNOLOGIQUE.

TRAITÉ PRATIQUE

DES

CHEMINS DE FER,

TRADUIT DE L'OUVRAGE ANGLAIS (2e ÉDITION)

DE NICH. WOOD,

AVEC DES NOTES ET ADDITIONS PAR F. DE MONTRICHER ET E. DE FRANQUEVILLE, INGÉNIEURS DES PONTS-ET-CHAUSSÉES; ET H. DE RUOLZ.

AVEC PLANCHES.

AUGMENTÉ

DES LEÇONS FAITES

SUR

LES CHEMINS DE FER,

A L'ÉCOLE DES PONTS-ET-CHAUSSÉES

EN 1833 — 1834,

PAR M. MINARD, PROFESSEUR;

ACCOMPAGNÉES DE PLANCHES.

AVERTISSEMENT

DES ÉDITEURS DE PARIS.

L'ouvrage que nous publions a été traduit sur la seconde édition du *Traité pratique des Chemins de fer*, de M. Nicholas Wood, édition qui a paru à Londres. Quelques passages du texte anglais ont été abrégés ou transposés; mais ces modifications sont de peu d'importance, et l'on s'est toujours attaché à reproduire fidèlement les idées de l'auteur. On a également rapporté avec soin les nombreuses expériences détaillées dans le courant de l'ouvrage anglais.

La réduction des mesures anglaises en mesures françaises a été faite d'après les données suivantes, qui sont fournies par l'Annuaire du bureau des longitudes :

Le pouce anglais		$= 0^{m}\cdot9254$.	La tonne	$= 20^{quint.}$	$= 1015^{kil.}649$
Le pied $=$	$12^{po.}$	$= 0^{m}\cdot3048$	Le gallon		$= 4^{lit.}5434$
Le yard $=$	$3^{pi.}$	$= 0^{m}\cdot9144$	Le penny		$= 0^{fr.}105$
Le mille $=$	$1760^{yards.}$	$= 1609^{m}\cdot3149$	Le shelling	$= 12^{pen.}$	$= 1^{fr.}26$
La livre		$= 0^{kil.}4534$	La liv. sterl.	$= 20^{sh.}$	$= 25^{fr.}20$
Le quintal $=$	$112^{liv.}$	$= 50^{kil}7825$			

Nous avons indiqué, dans les notes, différens détails de construction qui nous ont semblé offrir quelqu'intérêt. Ces détails sont représentés dans plusieurs planches supplémentaires, qui ont été dessinées d'après des documens recueillis en Angleterre. Nous avons de plus donné, dans la planche XIV, le dessin de la machine locomotive récemment construite pour le chemin de fer de la Loire.

INTRODUCTION.

(DEUXIÈME ÉDITION DE L'OUVRAGE ANGLAIS.)

A L'ÉPOQUE où parut la première édition de cet ouvrage, les chemins de fer, considérés comme grande voie de communication, étaient encore dans l'enfance. Si l'on excepte le chemin de Surry et celui de Stockton à Darlington, ce système n'avait guère été employé que pour des exploitations particulières de houilles, de mines, de fonderies; et, bien que dans ces diverses circonstances il offrît des avantages incontestables, on ignorait cependant jusqu'à quel point il pouvait s'appliquer à un grand mouvement commercial.

L'exemple du chemin de Surry, qui était à rails plats, semblait produire sur les esprits une impression peu favorable; d'un autre côté la ligne de Stockton à Darlington, quoique fort avancée, n'était pas encore en exploitation, et l'opinion publique flottait indécise, quand la manie des spéculations, qui marqua l'année 1825, vint donner l'essor à toutes les entreprises, bonnes ou mauvaises, et notamment aux entreprises de chemin de fer. La réaction fut prompte; à cette ardeur aventureuse succéda la langueur et l'abattement, et les chemins de fer furent enveloppés dans l'espèce de défaveur qui s'attacha à toutes les spéculations proposées à cette époque. Bien peu d'entreprises de ce genre purent se faire jour à travers la masse d'oppositions soulevées par le conflit des intérêts particuliers.

Le succès du chemin de Stockton à Darlington vint, à la vérité, réveiller l'attention publique et détruire quelques-unes des objections qui avaient été mises en avant contre l'emploi des chemins de fer, comme grande voie de communication. L'établissement de diligences traînées par des chevaux prouva que ce mode de communication se prêtait au transport des voyageurs comme à celui des marchandises; mais ces premiers pas étaient encore peu importans.

Cependant la ligne de Liverpool à Manchester approchait de sa fin, et ce grand ouvrage semblait être, de l'avis unanime, l'expérience décisive qui allait fixer le sort des chemins de fer. Tous les regards étaient fixés sur cette belle entreprise; et l'on en suivait les progrès avec un intérêt toujours croissant.

Bien que le chemin de Liverpool forme un des traits les plus saillans de l'histoire des chemins de fer, nous ne croyons pas devoir tracer ici la marche des travaux, dont l'ouvrage de M. Booth fournit une complète et brillante description. Nous nous contenterons de remarquer que les expériences entreprises avant et depuis l'ouverture de cette ligne, ont conduit à un résultat aussi important que remarquable. Non-seulement elles ont démontré d'une manière décisive l'utilité des chemins de fer pour le transport de toute espèce de marchandises, mais elles ont prouvé encore qu'avec le secours de machines locomotives, ce mode de communication pouvait fournir une vitesse inconnue jusqu'alors. Ainsi, malgré tous les efforts successivement tentés pour augmenter la vitesse des chevaux, on n'avait pu dépasser la

limite de 10 milles (16 kilom.) par heure; encore n'obtenait-on cette vitesse qu'en sacrifiant les chevaux d'une manière déplorable. Sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester, on obtient, sans la moindre difficulté, une vitesse de 15 milles (24 kil.), et dans les cas extraordinaires, une vitesse double, c'est-à-dire de 30 milles (48 kil.) par heure.

Les chemins de fer réunissent toutes les qualités nécessaires, soit pour le transport des marchandises lourdes ou légères, soit pour le transport des voyageurs, et par conséquent doivent se substituer aux autres voies de communication, partout où l'importance du mouvement commercial permettra d'engager les capitaux qu'exige leur établissement.

Au reste, il n'entre pas dans nos vues de rappeler tous les avantages que le commerce peut retirer de leur emploi. Nous n'avons eu pour but, dans cet ouvrage, que de présenter des résultats pratiques, tant sur leur mode de construction que sur les divers moteurs employés pour leur exploitation.

Les nombreux perfectionnemens survenus depuis la publication de la première édition de cet ouvrage, ont exigé des changemens importans. L'auteur a ajouté aux résultats qu'a pu lui fournir sa propre expérience, les documens que plusieurs de ses amis ont bien voulu lui communiquer. Il ne se dissimule pas du reste qu'ayant écrit cet ouvrage d'une manière peu suivie, et dans les momens de loisir que lui laissent ses nombreuses occupations, il a laissé subsister quelquefois des répétitions, et que, dans d'autres circonstances, il a passé trop légèrement peut-être sur des sujets qu'il eût voulu approfondir : cependant il a fait tous ses efforts pour le rendre digne d'être présenté au public.

Le chapitre Ier contient quelques considérations générales sur les divers systèmes de communications intérieures, et sur leurs progrès successifs.

Le chapitre II comprend l'histoire de l'introduction des chemins à rails, et de leurs perfectionnemens graduels, depuis les rails en bois jusqu'aux rails en fonte et en fer forgé. L'époque reculée à laquelle remonte le premier emploi des chemins à rails n'a pas permis de donner au commencement de ce chapitre toute la précision désirable. Cependant, nous nous sommes efforcés d'indiquer, avec le plus d'exactitude possible, la série des perfectionnemens qui se sont succédé dans ce mode de communication. Nous avons donné les dessins des différens genres de rails actuellement en usage, et du moins de ceux qui paraissent recevoir l'assentiment général. Peut-être quelques lecteurs trouveront-ils que nous avons passé sous silence des systèmes auxquels ils attachent de l'importance; mais nous remarquerons que nous nous sommes contentés d'indiquer les modèles qui présentent des différences tranchées, et lorsque ces différences peuvent être considérées comme des progrès.

Le chapitre III contient la description des chariots employés sur les chemins de fer. Il eût été aussi fastidieux qu'inutile d'indiquer la forme particulière du corps de chariot adopté pour chaque espèce de marchandises, et nous nous sommes principalement occupés des pièces qui dépendent directement de la forme particulière de la route. Nous avons cependant donné le dessin des chariots employés dans les houillères du nord, et en même temps de ceux qui sont adopté sur la ligne de Liverpool à Manchester. Ces derniers sont disposés de telle sorte, que la caisse puisse être transportée sur des trains munis de roues ordinaires.

Dans le chapitre IV nous nous sommes occupés de divers genres de moteurs, et nous avons indiqué les différentes pentes auxquelles ont doit limiter l'emploi de chacun

d'eux. Bien qu'il fût difficile d'établir exactement ces lignes de démarcation, nous croyons cependant que cette division pourra être utile dans la pratique.

Chaque fois que la disposition de la route l'a permis, comme dans le cas des plans automoteurs et des plans manœuvrés par les machines fixes, nous avons donné des formules propres à déterminer toutes les circonstances du mouvement des chariots. Ces formules, bien qu'elles ne présentent peut-être pas une exactitude mathématique, seront suffisamment exactes pour fournir des résultats pratiques. Nous avons en même temps indiqué dans les planches les dispositions que nécessitent ces diverses manœuvres.

Ce chapitre contient en même temps l'histoire des divers systèmes de machines locomotives qui ont été successivement employées, ainsi que la description de quelques-unes de celles qui sont actuellement en usage.

Le chapitre V renferme un grand nombre d'observations sur la flexion des rails en fonte et en fer forgé; ces expériences permettent de déterminer la force que l'on doit donner aux rails pour supporter le poids des convois et des machines. Nous avons présenté en même temps la description de plusieurs expériences sur la résistance comparative que présentent au mouvement des roues les rails en fonte et en fer forgé, ainsi que quelques observations sur leur usure relative.

Le chapitre VI contient une suite d'expressions sur la résistances des chariots, et sur le frottement des essieux, en ayant égard à la charge ainsi qu'à la vitesse. Ces observations ont été assez multipliées pour ne pas laisser de doute sur leurs résultats. On a eu soin d'ailleurs d'en donner les détails, afin que chacun puisse juger du degré de confiance qu'elles doivent inspirer. Nous nous sommes efforcés de suppléer ainsi aux renseignemens qui manquaient dans la première édition, sur les valeurs respectives du frottement des essieux et du frottement des roues sur les rails; nous croyons avoir fourni par là des documens qui peuvent être utiles dans la question générale du frottement.

Nous avons cherché aussi à déterminer la loi de la résistance des chariots marchant avec des vitesses différentes, question qui présentait jusqu'ici quelqu'incertitude.

Chapitre VII. Les cordes étant le plus ordinairement employées pour la remorque des chariots sur les plans inclinés et sur les lignes de chemins de fer manœuvrées par des machines fixes; il importait de déterminer exactement leur frottement. Le chapitre VII contient, sur ce sujet, plusieurs expériences dont nous avons déduit des règles pratiques.

Le chapitre VIII comprend une série d'expériences relatives aux quatre genres de moteurs en usage sur les chemins de fer : 1° les plans automoteurs; 2° les machines fixes; 3° les chevaux; 4° les machines locomotives.

Sur les plans automoteurs, la force motrice est la pesanteur qui agit sur les chariots par l'intermédiaire des cordes. La règle pratique que nous avons donnée dans ce cas a pour base le résultat des expériences du chapitre VII.

L'effet utile des machines fixes a été déterminé d'après l'exemple de quatre machines employées sur divers chemins de fer.

A l'égard des machines à haute pression et sans condenseur, leur effet utile (calculé en supposant que la pression de la valeur soit la même dans le cylindre et dans la chaudière) dépend, en grande partie, du rapport entre la vitesse du piston et celle de la charge, et aussi de l'étendue de l'ouverture qui amène la vapeur dans les cylindres. La surface de cette ouverture est, ordinairement, $\frac{1}{1^2}$ environ de celle du pis-

ton. Nous avons indiqué dans chaque cas la vitesse de ce dernier, afin de permetre d'établir un parallèle entre les machines que nous citons, et les machines semblables que l'on pourrait employer.

Nous avons donné dans le même chapitre des tables indiquant le travail utile des chevaux sur trois différentes lignes de chemins de fer.

La valeur moyenne de ce travail est inférieure à l'évaluation de M. Watt, et supérieure à celle de M. Smeaton. Mais comme l'expression de M. Watt est plutôt une donnée de convention que la mesure réelle du travail effectif du cheval, nous pensons qu'on doit peut-être dans la pratique admettre les données présentées dans notre tableau. C'est en prenant pour base ces résultats fournis par une longue expérience, que nous avons calculé les charges qu'un cheval peut traîner sur des chemins de fer présentant divers degrés d'inclinaison.

Quant aux machines locomotives, nous croyons avoir présenté un assez grand nombre d'expériences pour éclaircir leur mode d'action et faire apprécier leur travail utile. L'incertitude que présentait cette importante question, rendait cette discussion nécessaire ; et si nous nous sommes étendus trop longuement sur ce point, c'était pour satisfaire, autant qu'il était en nous, la curiosité publique. C'est dans ce but aussi que nous avons rappelé le concours mémorable de Liverpool, ainsi que les expériences qui en ont été la suite.

Enfin, nous avons présenté quelques observations sur le travail relatif des machines locomotives et des chevaux, ainsi que sur l'utilité des manes fixes et locomotives. Nous avons cité, à ce sujet, les résultats présentés dans les rapports de MM. Wallker et Rastrick, ainsi que dans l'ouvrage de MM. Stephenson et Locke.

Dans le chapitre IX on a mis en parallèle le travail effectué par les divers genres de moteurs en usage sur les canaux et sur les chemins de fer. On a indiqué, dans des tables, les charges qu'un cheval peut traîner, avec différentes vitesses, sur un canal et sur un chemin de fer. On a rappelé aussi les charges que peut remorquer, d'une part, un cheval de halage traînant un bateau, et de l'autre une machine locomotive voyageant sur un chemin de fer.

Tel est le résumé des divers sujets traités dans le cours de cet ouvrage. On trouve, de plus, des explications sur différens points, dans des notes placées à la fin des chapitres.

TRAITÉ PRATIQUE

DES

CHEMINS DE FER.

CHAPITRE PREMIER.

DES COMMUNICATIONS INTÉRIEURES EN GÉNÉRAL.

Les Romains sont vraisemblablement les premiers qui aient établi des routes régulières dans la Grande-Bretagne. Ces routes n'étaient, à proprement parler, que des voies militaires destinées à éclairer le pays, et à assurer une communication facile entre les divers corps d'armée répandus sur la surface du territoire. Elles étaient ordinairement dirigées en ligne droite d'un poste à l'autre; et comme les troupes occupaient les hauteurs afin de mieux surveiller les mouvemens de l'ennemi, le tracé, au lieu de suivre la plaine et les contours des vallées, s'élevait constamment sur les sommets des collines. Aussi toutes ces routes étaient inégales et onduleuses, comme on peut en juger d'après celles qui subsistent encore de nos jours. Du reste, elles étaient construites avec soin, établies sur de solides fondations, pavées de larges dalles, et supérieures, sous tous les rapports, aux sentiers étroits et marécageux ouverts sans art par les premiers habitans du pays.

Les voies romaines, malgré leurs imperfections, suffirent, pendant plusieurs siècles, aux besoins du commerce; elles offraient un passage convenable aux bêtes de somme, alors exclusivement employées pour le transport des marchandises; mais elles devinrent complètement insuffisantes, du moment où les progrès de l'industrie firent sentir la nécessité d'adopter un mode de transport applicable aux objets d'un grand poids. L'usage des bêtes de somme ne se conserva que dans quelques cantons montagneux de l'Écosse et du pays de Galles, où il s'est maintenu jusqu'à nos jours, et l'on y substitua l'emploi des traineaux, qui permettaient déjà d'appliquer à un fardeau unique la force de plusieurs chevaux. Bientôt après on mit en usage les voitures à roues, système plus parfait, dont on retrouve l'idée première dans les chars de guerre des anciens Bretons; et il fallut dès lors remplacer les voies militaires des Romains par les routes ordinaires.

Plus tard, lorsque le développement de l'industrie réclama des voies de communication plus sûres et plus expéditives, on imagina les chemins à rails. Ce système ne fut employé d'abord que dans des cantons isolés, et sur des points où une masse considérable de marchandises suivait constamment une même ligne; mais leur usage ne tarda pas à s'étendre, ainsi que nous l'indiquerons bientôt, en traçant d'une manière spéciale l'histoire de ce genre de chemins.

Les canaux, enfin, si précieux pour le transport des marchandises lourdes et encombrantes, et si généralement employés dans tous les pays manufacturiers, n'ont été introduits en Angleterre que plus récemment encore. C'est en 1755 que l'on fit le premier essai de ce genre; le ruisseau de Sanky fut canalisé, depuis la rivière de Mersey jusqu'à Sainte-Hélens, dans le comté de Lancastre; et ce fut ainsi que l'on préluda à l'exécution de ce vaste réseau de lignes navigables qui s'étend aujourd'hui dans toutes les parties de la Grande-Bretagne.

Les routes ordinaires, les chemins à rails et les canaux, tels sont les divers modes de communication qui se sont successivement introduits en Angleterre, et qui, aujourd'hui, se partagent le transport des marchandises et des voyageurs. Chacun de ces systèmes présente des avantages et des inconvéniens qui lui sont propres; et il est

nécessaire de déterminer, dans chaque cas particulier, quel est celui qui remplit le mieux les conditions de sûreté, d'économie et de célérité, si importantes pour le commerce et l'industrie.

Les routes ordinaires peuvent, dans certains cas, mériter la préférence; mais, en général, lorsqu'une masse considérable de marchandises doit suivre la même direction, c'est entre les chemins à rails et les canaux seulement que l'on peut hésiter. Ces derniers, pendant long-temps, ont été considérés comme offrant une supériorité incontestable; mais les idées ont subi à cet égard de grandes modifications, et l'on pourrait s'étonner d'un changement aussi subit, s'il n'était facile de reconnaître qu'il est le résultat de la nature même des deux systèmes, et que par conséquent il était inévitable. En effet, les canaux, à l'époque même où ils furent introduits dans la Grande-Bretagne, présentaient, à peu de chose près, le degré de perfection qu'ils ont atteint de nos jours. Quelques améliorations de détails se sont bien introduites dans la construction des ouvrages d'art, dans le mode de passage des bateaux d'un bief à l'autre; mais la disposition générale est restée la même. D'un autre côté, leur nature exclut presque entièrement l'emploi des machines comme moteurs, en sorte qu'ils n'ont pu participer aux avantages que l'industrie a retirés dans ces derniers temps des progrès de la mécanique.

Les chemins à rails, au contraire, qui, lors de l'introduction des canaux, n'offraient que peu d'intérêt, ont subi, comme tous les arts, un perfectionnement graduel. Leur système de construction permettant, presque sans restriction, l'emploi des moteurs mécaniques, on a vu leur utilité s'accroître à mesure que les machines se sont perfectionnées; et aujourd'hui, enfin, l'application de la vapeur au mouvement des chariots, leur a donné une importance qui mérite de fixer l'attention publique d'une manière vraiment sérieuse.

Ainsi, pendant que les chemins de fer subissaient chaque jour de nouvelles améliorations, les canaux sont restés stationnaires. Il était facile de prévoir, dès lors, que les premiers obtiendraient un jour la supériorité, et peut-être cette époque est-elle déjà arrivée. On ne saurait douter, cependant, que la marche lente de l'esprit humain, et la résistance générale opposée aux innovations, n'eussent retardé long-temps encore le développement de cette utile concurrence, si la prospérité du pays n'avait permis aux capitalistes de s'engager dans les spéculations même les plus hasardeuses.

Au reste, on ne peut apprécier exactement le mérite relatif des chemins de fer et des canaux, qu'en acquérant une connaissance approfondie de la nature et des propriétés essentielles de chaque système, et en réunissant une série de faits comparables. C'est pour fournir quelques documens positifs sur les chemins à rails que l'on a entrepris cet ouvrage. On a cherché, par une description précise de leur construction, de leur emploi, et de leurs principaux avantages, à mettre le lecteur en état de les comparer aux autres modes de communication intérieure, et de fixer son opion sur leur mérite relatif.

CHAPITRE II.

DESCRIPTION DES CHEMINS A RAILS.

Il serait difficile d'indiquer avec précision l'époque à laquelle les chemins à rails furent introduits en Angleterre. Il parait cependant que c'est vers le milieu du dix-septième siècle que l'on construisit pour la première fois un chemin de ce genre, destiné à faciliter l'exploitation des houillères de Newcastle-sur-Tyne.

On lit, en effet, dans un ouvrage intitulé *Chorographie, ou Description de Newcastle-sur-Tine,* publié en 1649, par Gray, que plusieurs habitans des provinces méridionales vinrent, dans l'espoir de bénéfices considérables, engager leurs capitaux dans l'exploitation des houillères. M. Beaumont, homme d'un grand mérite, arriva dans les mines avec une somme de 30,000 livres sterling (750,000 francs environ). Il y apporta plusieurs machines ingénieuses, alors inconnues dans ces contrées, telles que des tiges pour sonder la profondeur et la puissance des couches de houille, des machines d'épuisement pour les puits de mines, et enfin des waggons ou chariots à un cheval

pour transporter la houille aux divers ports de la rivière. Cette dénomination de waggons, que l'on voit ici employée pour la première fois, et qui depuis a été constamment appliquée aux chariots en usage sur les chemins à rails, semble indiquer que ce système de route fut dès lors introduit par M. Beaumont. Mais, sans insister sur ce point, nous ferons seulement remarquer que, dans un ouvrage publié en 1676 (la vie de lord Keeper North), on trouve une indication précise des chemins à rails employés pour l'exploitation des houillères de Newcastle.

« Les transports, y est-il dit, s'effectuent sur des rails en charpente, parfaitement droits et parallèles, établis le long de la route depuis la mine jusqu'à la rivière ; on emploie, sur ce genre de chemin, de grands chariots portés par quatre rouleaux qui reposent sur les rails. Il résulte de cette disposition tant de facilité dans le tirage, qu'un seul cheval peut descendre de 4 à 5 *chaldrons* (*le chaldron de Newcastle équivaut à* 53 *quintaux ou* 2689 *kilog*. 59). Ce qui procure aux négocians un immense avantage. »

Il est probable qu'à cette époque le mode de construction de la route offrait la plus grande simplicité ; on en trouve du reste la description suivante dans les Voyages métallurgiques de Jaa, en 1765 (Tom. Ier, p. 199). « La largeur de la route est de 6 pieds environ (1m. 83) : perpendiculairement à son axe, et à une distance de 2 à 3 pieds (0m.61 à 0m.91) les unes des autres, sont disposées des pièces de bois transversales, dont l'équarrissage varie entre 4 et 8 pouces (0m.10 à 0m.20); ces madriers ne sont équarris qu'à leurs extrémités. D'autres pièces de bois longitudinales taillées avec soin et ayant 7 pouces (0m.18) environ de largeur, sur 5 pouces (0m.13) d'épaisseur, sont placées sur les premières, et forment deux cours de rails parallèles à l'axe de la route, et distans l'un de l'autre de 4 pieds (1m.22). Ces rails sont fixés sur les madriers transversaux au moyen de chevilles en bois, qui pénètrent dans ces derniers jusqu'à moitié de leur épaisseur environ. » (V. pl. I, fig. 1 et 2.)

Ce genre de chemin, que l'on nomme chemin à rails simples (*single-way*), présentait de nombreux inconvéniens. En effet, quoique l'on donnât aux rails un degré de solidité plus que suffisant pour supporter le poids des chariots, ils étaient promptement détériorés par le frottement des roues, et se brisaient avant d'être entièrement usés. On se voyait donc obligé de les renouveler fréquemment, et, comme il fallait conserver la même largeur à la voie, on était dans la nécessité de pratiquer constamment de nouveaux trous aux points de jonction des rails avec les madriers transversaux, ce qui ne tardait pas à mettre ces derniers hors de service. Aussi ce genre de route, quoique bien supérieur aux chemins ordinaires sous le rapport de l'économie et de la facilité des transports, entraînait des frais considérables de main-d'œuvre et de matériaux pour le renouvellement continuel des rails et des madriers.

On essaya divers moyens de remédier à l'inconvénient que nous signalons. Il est probable que la première idée à laquelle on s'arrêta, fut d'établir des chemins à doubles rails (*double-way*), c'est-à-dire de couvrir par un nouveau rail celui qui reposait immédiatement sur les pièces transversales. D'après cette disposition, le rail supérieur étant seul exposé à l'action des roues pouvait s'user presqu'entièrement, sans que la force de celui qui le supportait fût sensiblement altérée. De plus, la surface sur laquelle roulaient les chariots se trouvant élevée au-dessus du sol, on pouvait remplir la voie de pierres ou de scories jusqu'au niveau du rail inférieur, et prévenir ainsi la prompte détérioration que les pieds des chevaux faisaient éprouver aux traverses.

Les fig. 3 et 4, pl. I, représentent ce mode de construction ; les rails inférieurs sont fixés sur des traverses semblables à celles du chemin à rails simples (fig. 1) ; les rails supérieurs reposent sur les premiers, auxquels ils sont solidement fixés par des chevilles en bois semblables à celles qui fixent le rail inférieur sur la traverse. Dans le chemin à rails simples, les points de jonction doivent nécessairement se trouver sur les pièces transversales, et il en est de même pour les rails inférieurs dans le chemin à rails doubles. Quant aux rails supérieurs, on peut établir leur jonction en un point quelconque. Les assemblages se trouvent ici placés à distance égale des traverses ; mais ils pourraient l'être partout ailleurs.

On employait généralement, pour former les traverses, de jeunes arbres ou de fortes branches de chêne de 6 pieds (1m.83) de longueur, sur 5 ou 6 pouces (0m.127 à 0m 152) d'équarrissage. Les rails inférieurs étaient,

dans le principe, construits en chêne ; mais, plus tard, on préféra le sapin. Ils avaient généralement 6 pieds (1m.83) de longueur, et portaient sur quatre traverses, placées à 2 pieds (0m.61) les unes des autres ; ces dernières avaient environ 5 pouces (0m.127) de largeur, sur 4 à 5 pouces (0m.101 ou 0m.127) d'épaisseur ; le rail supérieur était ordinairement en bois blanc, et avait les mêmes dimensions que le rail inférieur.

Les chemins à rails en bois furent généralement employés aux houillères du Northumberland et du comté de Durham, ainsi que dans plusieurs autres provinces de l'Angleterre, où ils restèrent long-temps en usage. Leurs frais de construction et d'entretien étaient considérables; mais ils étaient bientôt couverts par l'économie des transports. Nous voyons en effet que la charge d'un cheval qui, sur une route ordinaire, n'était que de 8 baulls (6 hecto. 24), pouvait, sur un chemin à rails, être portée à 19 baulls (14 hecto. 82). Cette charge aurait même été plus considérable, si la flexibilité que présente le bois, surtout lorsqu'il est saturé d'humidité, n'eût augmenté la résistance opposée au mouvement des chariots. Lorsque sur quelques points la route présentait des pentes rapides ou suivait des courbes d'un petit rayon, on diminuait la résistance en clouant sur la surface des rails des plaques en fer battu. Cette disposition, qui offrait de grands avantages, était cependant d'une application difficile, à cause de la tendance qu'avaient les clous à se détacher des rails. Aussi elle ne fut jamais beaucoup employée, et elle devint d'ailleurs entièrement inutile par suite de l'adoption des rails en fer.

A cette époque, les canaux étaient le seul système de communication adopté dans tous les cantons houillers, et le génie entreprenant et infatigable de Brindley, ainsi que de plusieurs ingénieurs habiles, les multipliait dans toutes les parties de la Grande-Bretagne. Les chemins à rails n'étaient employés que pour de courtes distances, et sur des points où les inégalités du terrain excluaient l'usage des canaux. Les savans, ainsi préoccupés par ce mode de communication, portaient peu leur attention sur les chemins à rails; ce qui explique pourquoi leur usage s'est répandu bien moins rapidement que celui des canaux, et pourquoi il existe une aussi longue lacune entre l'adoption des rails en bois et celle des rails en fer. La diminution de frottement produite par l'usage de ce métal sous forme de plaques, a probablement donné l'idée de son emploi exclusif, qui ne paraît cependant remonter qu'à une époque très-récente.

Nous trouvons dans l'ouvrage intitulé : *Trans. Highland society*, vol. 6., p. 7, les renseignemens suivans, qui ne sont du reste appuyés d'aucune preuve. « En 1738, les rails en fonte furent pour la première fois substitués aux rails en bois; cet essai ne réussit pas complètement, parce que l'on continua à employer les chariots anciens, dont la charge était trop forte pour la fonte. Néanmoins, vers 1768, on eut recours à un moyen fort simple : on construisit un certain nombre de chariots de plus petite dimension, on les joignit ensemble, et en divisant ainsi la charge, on détruisit la cause principale du peu de succès de la première tentative. » D'un autre côté, M. R. Stevenson, d'Édimbourg, dont les recherches sur les chemins de fer sont fort étendues, s'exprime ainsi : « J'ai visité, il y a quelques années, la grande fonderie de Colebrook-Dale, dans le Shropshire, où le fer coulé fut incontestablement appliqué pour la première fois à la construction des ponts : il résulte des renseignemens que j'ai pu obtenir que ce fut aussi là que l'on fit le premier essai des rails en fonte. Il paraît, d'après les registres de cette ancienne et importante compagnie, qu'environ 5 ou 6 tonnes de rails furent coulées le 13 novembre 1767, à titre d'expérience, sur la proposition de M. Reynolds, l'un des associés. » Enfin M. Curr, dans son ouvrage intitulé : *Coal viewer and engine builder*, publié en 1797, dit que sa première invention a été la construction et l'emploi des rails en fonte, qui furent adoptés pour la première fois à la houillère de Sheffield, environ vingt-et-un ans avant cette époque. Il semble résulter de ces divers documens que l'usage des rails en fonte remonte à-peu-près à l'année 1770.

Les fig. 5, 6 et 7, pl. 1, donnent l'élévation, le plan et la coupe des rails en fonte de M. Curr, tels qu'ils étaient employés dans les galeries souterraines des houillères du duc de Norfolck, près Sheffield. Les rails ont 6 pieds (1m 83) de longueur; à l'extrémité de chacun d'eux est percé un trou, à travers lequel on enfonce un clou dans le support. La forme de cette pièce est la même que pour les rails en bois. Les rails, à leur point de jonction, sont simple-

ment juxta-posés et cloués sur la traverse; un seul clou les fixe sur les traverses intermédiaires..

Les rails de ce genre, nommés rails plats, furent employés sous des formes variées, soit avec des traverses en bois occupant toute la largeur de la route, soit avec des supports à base carrée, tels qu'on les voit représentés fig. 6. En 1800, M. Benjamin Outram, ingénieur, en adoptant ce genre de rail sur le chemin de Little-Eton, dans le Derbyshire, remplaça les supports en bois par des dés en pierre (1). M. Outram n'est pourtant pas le premier qui ait adopté ce mode de supports; car feu M. Barns en fit usage en 1797, sur le premier chemin à rails en fonte construit dans les environs de Newcastle-sur Tyne, de la houillère de Lawson à la rivière.

La pl. 1re, fig. 8, 9 et 10, représente en plan, coupe et élévation, ce genre de chemin dans son état actuel de perfectionnement. Les rails ont 4 pieds (1m. 22) de longueur, et sont posés sur des dés en pierre d'environ 1 pied (0m. 305) carré de base, sur 8 pouces (0m. 203) de hauteur. Chacun d'eux porte à son extrémité une entaille qui, en se réunissant à celle du rail contigu, présente la forme d'un tronc de pyramide quadrangulaire renversée. On taille dans le dé une surface parfaitement horizontale pour recevoir les rails; puis l'on perce jusqu'à moitié de son épaisseur environ un trou correspondant à celui que forment les deux entailles; on enfonce dans ce trou une cheville dont la tête maintient solidement les extrémités des deux rails juxta-posés : *d e* est la surface sur laquelle porte la roue; *c e* le rebord destiné à maintenir la roue sur cette surface. La hauteur de ce rebord, qui est constante sur toute la longueur du rail, doit être réduite autant que possible, afin de diminuer le frottement. On la fixe généralement à 3 pouces (0m. 076); mais en la réduisant ainsi, on cause une diminution notable dans la force du rail; car la résistance à la rupture est proportionnelle à la seconde puissance de la hauteur, et seulement à la première puissance de la largeur. On est alors obligé, pour compenser cette perte de force, d'ajouter, du côté opposé à *d*, le renfort indiqué en *a f* et *a' f'*. La forme de ce renfort est calculée de manière à donner à toutes les parties du rail une égale résistance; elle est parabolique ou elliptique, comme on le voit dans l'élévation. Les rails que nous venons de décrire, à part quelques légères modifications que l'on y introduit quelquefois, constituent les rails plats les plus modernes. Ils étaient, tout récemment encore, construits en fonte, et ce n'est qu'en 1824 que l'on a commencé à employer le fer malléable.

Peu de temps après l'adoption des rails en fonte, on a mis en usage le système connu sous le nom de rails saillans (*edge rails*). Ce système a été employé, en 1789, par M. W. Jessop, sur le chemin de fer de Loughborough. Leur face supérieure ne portait pas de rebord, et la partie inférieure présentait une forme elliptique : la roue était maintenue sur le rail au moyen d'un filet saillant ménagé autour de la jante, et de 1 pouce environ (0m. 025) de hauteur.

On voit en élévation, fig. 1re, pl. 2, le genre de rail saillant généralement employé il y a quelques années; il consistait en une barre de fonte de trois ou quatre pieds (0m. 91 à 1m. 22) de longueur, et de ½ à ¾ de pouce (0m. 013 à 0m. 019) d'épaisseur. La partie sur laquelle portait la roue avait une largeur de 2 pouces à 2 pouces ½ (0m. 05 à 0m. 06); le rail était placé de champ, et maintenu dans des coussinets fixés sur les dés. Dans le principe on n'employait pas de coussinets, et les rails portaient à chacune de leurs extrémités deux saillies latérales que l'on fixait sur les supports au moyen de chevilles en fer ou en bois. Quant aux rails en fonte employés aujourd'hui, ils sont représentés pl. 2, fig. 2, 3, 4, 5, 6; leur épaisseur est constante sur toute leur longueur, et leur hauteur varie suivant une courbe elliptique, calculée de manière à ce que tous les points du rail présentent une égale résistance.

Les coussinets, pl 2, consistent en une plaque de fonte de 4 pouces (0m. 10) sur 7 environ (0m. 18) et de ¾ de pouce (0m. 019) d'épaisseur; la surface supérieure qui doit porter le rail est exactement plane et horizontale. Sur cette base s'élèvent deux re-

(1) On emploie aussi comme supports sur les chemins à rails plats, des traverses en fonte. La fig. 11, pl. 1, représente un chemin de ce genre. Le rail est fixé dans le support à l'aide d'un coin *a*, qui force la saillie *b* à pénétrer dans une cavité correspondante. Cette saillie du rail n'existe que sur la largeur de chaque support. Nous avons visité aux environs de Birmingham plusieurs chemins semblables qui servent à transporter la houille et le minerai des puits d'extraction aux usines. (*Note des traducteurs.*)

bords saillans parallèles entre eux, qui forment une espèce de cavité où viennent s'assembler les extrémités des rails; ceux-ci sont fixés au moyen de chevilles en fer qui traversent des trous correspondans, percés dans l'extrémité des rails et dans les parties saillantes du coussinet. Les chevilles empêchent le rail de quitter la cavité dans laquelle il se trouve engagé, et les rebords du coussinet s'opposent en même temps à tout déplacement latéral. Les supports sur lesquels reposent les coussinets sont formés, soit de dés en pierres, soit de pièces de bois carrées, fortement assujetties dans le sol. Les dés ont généralement 16 à 20 pouces (0m. 40 à 0m. 50) de côté; mais sur le chemin de Liverpool à Manchester, leur base a 24 pouces (0m. 61) de côté, et leur hauteur est de 12 pouces (0m. 305). Quant aux supports en bois, on leur donne 2 à 3 pieds (0m. 61 à 0m. 91) de longueur, sur 10 pouces (0m. 25) de largeur, et 4 à 8 pouces (0m. 10 à 0m. 20) d'épaissseur. Ils sont généralement construits en bois de chêne, provenant de la démolition de vieux navires; quelquefois ils règnent sur toute la largeur de la voie, comme dans les anciens chemins à rails en bois.

Les rails, ainsi que nous venons de le dire, sont maintenus bout à bout par deux chevilles qui traversent les rebords saillans du coussinet; ils portent donc directement sur le coussinet lorsque les chevilles ont du jeu, et sur les chevilles mêmes lorsqu'elles sont fortement serrées dans les trous. Dans les deux cas, pour que la ligne des rails soit bien continue, il faut que la surface du terrain sur laquelle reposent les dés présente partout la même solidité. Dans le cas contraire, et si le coussinet n'est pas placé sur la verticale passant par le centre de gravité de la surface inférieure du dé, le poids des chariots qui passent sur les rails déplacera les dés, comme on le voit fig. 1, pl. II: il en résultera nécessairement un abaissement d'un des côtés de la base du coussinet, ainsi que de l'une des chevilles; et par suite le rail qui y est fixé se trouvera entraîné au-dessous du rail voisin. On ne s'étonnera pas qu'un semblable déplacement soit fréquent, si l'on remarque combien la nature du terrain peut présenter d'obstacles, combien il est difficile de trouver des dés de forme convenable, et combien surtout il est rare que les ouvriers s'astreignent à fixer le coussinet précisément au centre du dé. Aussi, dans la pratique, est-il presque impossible de maintenir les rails dans leur position primitive.

Nous n'entrerons dans aucun détail sur les résultats fâcheux de ces dérangemens. Il est évident que les choses qui en résultent doivent occasioner des pertes de force vive, et détériorer les chariots et les rails. Aussi l'on a senti promptement la nécessité de faire disparaitre cette grave imperfection, et l'on a proposé dans ce but plusieurs systèmes de rails et de coussinets. En 1816, MM. W. Losch de Wallsend et George Stephenson de Killingworth obtinrent un brevet d'invention pour un modèle qui remédie en partie aux inconvéniens que nous venons de signaler; il est représenté fig. 2, pl. II. Les coussinets reposent sur des dés en pierre de la forme ordinaire. Les extrémités des rails sont coupées en biseau sur une longueur d'environ 2 pouces ½ (0m.063), de telle sorte que, lorsque les deux biseaux sont juxtaposés, la surface du rail présente, au point de jonction, la même largeur que dans ses autres parties; ces extrémités sont maintenues par une seule cheville en fer qui traverse les deux biseaux, ainsi que les rebords du coussinet. La surface sur laquelle porte le rail est convexe; elle est indiquée dans l'élévation par une ligne ponctuée : ce système se nomme assemblage en biseau (*half-lap*).

Au reste, voici comment s'expriment à ce sujet les inventeurs eux-mêmes :

« Nous avons eu pour but, 1° de fixer invariablement les extrémités des rails sur les coussinets qui les supportent; 2° de les disposer de manière à ce que le bout d'un rail ne puisse s'élever au-dessus du bout correspondant du rail contigu; 3° de fixer les rails sur les dés, de telle sorte que, dans le cas où ces derniers viendraient à dévier de leur position verticale, déviation fréquente dans les autres systèmes, l'assemblage des rails ne puisse éprouver aucune variation. Nos rails sont coupés en biseau, et fixés au moyen d'une cheville qui remplit exactement un trou percé dans les rails et les rebords saillans du coussinet; ce trou est placé à la hauteur nécessaire pour que les rails portent sur le fond du coussinet, auquel nous donnons une forme convexe. Il résulte de ces dispositions que le coussinet pourra se mouvoir autour de la cheville, en s'écartant de sa position primitive, sans déranger le niveau des rails, qui continue-

ront à reposer solidement sur la surface convexe de leur base. »

Ce mode d'assemblage, qui offre un perfectionnement évident, a été adopté sur plusieurs lignes de chemins de fer. Il préserve presque totalement les chariots des secousses auxquelles ils étaient exposés, et produit une diminution considérable dans la résistance opposée au mouvement des roues, ainsi que le prouve une série d'expériences que nous pourrions citer.

Diverses modifications ont été proposées pour ce mode d'assemblage; mais il serait trop long de les rappeler ici en détail. Il en est deux cependant qui méritent quelque attention (fig. 5 et 6, pl. II). 1° (Fig. 5.) Les rails sont coupés carrément, et chacune de leurs extrémités porte une échancrure demi-cylindrique, dont le diamètre est égal à celui du trou pratiqué dans le coussinet; les deux bouts présentent ainsi, lorsqu'ils sont réunis, un trou cylindrique où l'on enfonce la cheville qui traverse le coussinet. Cette cheville est sans effet pour maintenir les rails dans le sens de leur longueur; mais elle les empêche de se disjoindre par un mouvement de bas en haut, mouvement qui seul est possible lorsque les rails sont posés.

Dans le second système, représenté fig. 6, on évite le soulèvement des rails sans employer de chevilles. Chaque rail porte à l'une de ses extrémités une saillie qui s'ajuste dans une cavité pratiquée dans le bout du rail contigu. Les rails sont ainsi maintenus dans un sens par cet assemblage, et dans l'autre par les parties saillantes du coussinet. Quant à la base sur laquelle ils reposent, elle est ordinairement plate.

Le mode d'assemblage, représenté fig. 5, pl. II, présente un inconvénient que nous devons signaler. Lorsque les rails portent seulement sur la cheville, le dé peut tourner autour de cette cheville comme axe, sans que l'assemblage se dérange; mais lorsqu'ils reposent sur le fond plat du coussinet, le dé ne peut se mouvoir sans forcer la cheville. Cet inconvénient se présente également, quoiqu'à un degré moindre, dans le système de MM. Losh et Stephenson. En effet, lorsque la cheville est serrée dans le trou qui traverse à la fois les bouts des rails et le coussinet, le dé ne peut se mouvoir qu'autour de la cheville comme axe : or, supposons que le rail repose sur le sommet de la base convexe du coussinet, et que le dé commence à s'incliner, on voit que le sommet de la courbe se trouve arrêté dans son mouvement par la surface plate du dessous du rail, qui forme la tangente de l'arc que le point de contact tend à décrire, et qu'ainsi la cheville doit nécessairement se soulever. Au reste, cette imperfection est la seule que présente le mode d'assemblage de MM. Losh et Stephenson, qui s'oppose très-efficacement d'ailleurs à la désunion des rails.

En 1829, M. Losh a obtenu un brevet d'invention pour un nouveau système d'assemblage sans chevilles (fig. 4, pl. II). La partie du coussinet qui porte les rails est concave, et les parties correspondantes de ces derniers sont convexes. Les rails sont joints à demi-épaisseur par un assemblage d'environ 3 pouces (0m.076) de longueur; ils sont réunis au moyen d'une saillie sphérique que l'un d'eux porte intérieurement, et qui s'engage dans une cavité correspondante pratiquée dans l'autre; ils sont d'ailleurs fixés au coussinet par deux saillies extérieures qui pénètrent dans les rainures verticales que présentent les parties saillantes de ce dernier. Cette disposition empêche les rails de se séparer dans le sens de leur longueur, et leur poids suffit d'ailleurs pour les faire porter constamment sur le fond du coussinet.

Les divers systèmes que nous venons de décrire, quoique présentant des avantages incontestables, ne remplissent pas complètement néanmoins une condition essentielle à laquelle doit satisfaire tout chemin de fer. Cette condition, c'est d'offrir aux roues des chariots une surface continue et parfaitement unie; or, pour qu'il soit ainsi, il est nécessaire ou que les assemblages des rails puissent se prêter au mouvement du dé sur lequel ils reposent, sans produire d'inégalités dans la voie, ou que les dés aient une assiette assez solide pour ne pas être dérangés par le poids des chariots.

Si l'on adopte le premier de ces deux moyens, on pourra considérer la cheville comme centre du mouvement, et donner à la partie inférieure du rail la forme d'un arc de cercle décrit de cette cheville comme centre. La surface de contact du coussinet sera alors soit convexe, soit concave. On pourra encore prendre pour centre du mouvement le point d'appui du rail sur le coussinet; et dans ce cas, la cheville devra être placée dans une espèce de rainure circulaire

ayant ce point pour centre. Cette disposition s'opposera au déplacement vertical des rails, et permettra en même temps à la cheville d'obéir au mouvement du coussinet, sans déranger la surface de la voie.

Le second moyen, qui a été adopté par M. Stephenson dans la construction du chemin de fer de Liverpoel à Manchester, exige que l'on emploie des dés en pierre d'une grande dimension, et que l'on consolide fortement le terrain qui doit les supporter. Ce système, quoique exigeant une dépense première assez forte, paraît néanmoins devoir être préféré, si l'on peut se procurer facilement la pierre, et préserver la route de l'humidité. On sentira, en effet, combien il est important de donner immédiatement aux dés toute la solidité désirable, si l'on remarque que leur replacement interrompt la circulation ; inconvénient très-grave sur les chemins de fer (1).

En 1805, M. C. Nixon construisit, pour la première fois, aux houillères de Wallbottle, près de Newcastle-sur-Tyne, des rails en fer malléable. Ces rails étaient formés de barres rectangulaires de 2 à 3 pieds (0m.61 à 0m.91) de longueur, sur 1 ou 2 pouces (0m.025 à 0m.051) de côté, et étaient réunis par un assemblage en biseau de 3 pouces environ (0m.076) de longueur ; mais leur surface trop étroite coupait les jantes des roues ; et comme on ne pouvait leur donner la largeur des rails en fonte sans augmenter considérablement la dépense, on a long-temps préféré ces derniers.

Ce n'est qu'en 1820 que les rails en fer malléable ont reçu un perfectionnement notable. M. John Birkinshaw, des forges de Bedlington, qui obtint, à cette époque, un brevet pour leur construction, leur donna une forme semblable à celle des rails en fonte (fig. 7, pl. II) ; il les fabriquait en faisant passer des barres de fer rouge entre des cylindres cannelés, et leur donnait généralement une longueur de 12 à 15 pieds (3m.66 à 4m.57) ; les dés étaient placés à 3 pieds environ de distance (0m.91).

On voit représenté, fig 8, pl. II, le mode d'assemblage des rails en fer malléable avec le coussinet. La base du rail porte d'un côté un rebord dont la partie supérieure est horizontale. Dans une des parties saillantes du coussinet est pratiquée une cavité correspondante à ce rebord ; dans l'autre partie saillante une cavité semblable est destinée à recevoir un coin en fer. Lorsque le rail est placé dans le coussinet on enfonce le coin, et de cette manière on force le rebord du rail à entrer dans la cavité qui lui correspond, ce qui s'oppose à tout mouvement vertical. Ce mode d'assemblage a été adopté par M. Stephenson, sur le chemin de Liverpool à Manchester (2).

Un autre modèle a été exécuté par M. Losh (fig. 10, pl. II). Dans ce système, la base du rail porte deux rebords latéraux, dont l'un pénètre, comme précédemment, dans une cavité du coussinet, et dont l'autre se trouve placé sous le coin en fer. De cette manière, celui-ci exerce à la fois une pression verticale sur le rebord du rail, et une pression horizontale qui force le rebord du côté opposé à entrer dans la cavité qui lui est destinée.

La fig. 1, pl. III, représente l'assemblage adopté par M. Steel, sur le chemin de fer de Clarence. Le rail diffère de ceux que nous venons de décrire, en ce qu'il a une hauteur constante sur toute sa longueur. Dans l'une des parties saillantes du coussinet est pratiquée une cavité circulaire destinée à recevoir l'un des rebords du rail, et de l'autre côté on conserve entre le coussinet et le rail un vide que remplit exactement un coin en fonte d'une forme convenable (3). L'usage des coins pour fixer les rails est infiniment préférable à celui des chevilles ; car nous avons remarqué constamment, surtout lorsque l'on emploie des rails en fer d'une grande longueur, que les chevilles ne tardent pas à s'user et à prendre du jeu. Il est très-difficile

(1) Pour compléter l'histoire des rails en fonte, nous croyons devoir ajouter ici la description d'un modèle employé sur plusieurs chemins que nous avons visités aux environs de Newcastle. Ils sont représentés fig. 3, Pl. 2. Ces rails, qui présentent la forme ordinaire, sont joints bout à bout ; le coussinet ne porte qu'une partie saillante du côté extérieur de la voie. Un boulon traverse cette partie saillante ainsi que les deux rails, et est serré du côté intérieur par un écrou. Les rails portent à leur extrémité un renflement qui pénètre dans une cavité pratiquée au fond du coussinet. (*Note des trad.*)

(2) Nous ajoutons, fig. 8, tous les détails du rail et du coussinet du chemin de fer de Liverpool à Manchester, et fig. 9, ceux du chemin de fer de Garnkirk. (*Note des trad.*)

(3) Dans les détails que nous ajoutons, on peut voir que l'assemblage des rails est à demi-épaisseur, et consolidé par une cheville transversale. (*Note des trad.*)

alors de les consolider, tandis que les coins peuvent toujours facilement être resserrés.

Nous venons de décrire les meilleurs modèles de rails en fer et en fonte actuellement en usage. Chacun de ces systèmes a ses partisans; et sans prononcer ici sur leur mérite relatif, nous nous bornerons à donner les opinions de plusieurs ingénieurs sur cette importante question.

M. Chapman, dans son rapport sur le chemin de Newcastle à Carlisle, s'exprime ainsi :

« On peut construire les chemins à rails, soit en fonte, soit en fer malléable; les rails en fer sont peut-être un peu moins dispendieux, et ils ont été appliqués avec succès dans les galeries souterraines où la charge est peu considérable; mais sur les chemins de fer, où l'on emploie des chariots pesans, ils sont moins avantageux, sous le rapport de la durée, que les rails en fonte d'une force convenable. En effet, les roues trempées sont aujourd'hui généralement employées, excepté cependant pour les machines locomotives, auxquelles elles n'ont pu être appliquées à cause de leur faible adhérence sur les rails. Ces roues, chargées d'un poids considérable, en roulant sur des rails laminés et conséquemment fibreux, aplatissent leur surface supérieure, et finissent par les diviser en lames : l'effet que nous signalons ici cause des dommages beaucoup plus fâcheux que l'oxidation. »

M. Longridge, l'un des propriétaires des forges de Bedlington, a répondu aux observations de M. Chapman, en soutenant la supériorité des rails en fer malléable. Il cite une lettre de M. Thompson, agent de lord Carlisle à Tindale-Fell, qui affirme que les rails en fer malléable, employés depuis seize ans dans cette localité, ne présentent aucune apparence du genre de dégradation signalé par M. Chapman.

« Tout le fer forgé qui a été employé depuis quinze à seize ans, dit M. Thompson, me paraît en bon état : les rails en fonte sont certainement plus dégradés et plus sujets aux ruptures, quoique leur poids soit à peu près double de celui des rails en fer malléable. Les chariots sont ordinairement chargés de près d'un *chaldron de Newcastle* (53 quintaux ou 2,689 kil. 59). »

M. R. Stevenson, ingénieur d'Édimbourg, annonce dans les *Transactions of highland Society*, vol. VI, p. 139, qu'il n'hésite pas à accorder la préférence au fer malléable. M. G. Stephenson, de Newcastle, breveté pour les rails en fonte perfectionnés, présente, dans un rapport fait à ce sujet, les observations suivantes :

« La condition que l'on a à remplir dans la construction des chemins à rails est d'employer des matériaux qui permettent d'effectuer, le plus économiquement possible, la plus grande quantité de travail utile, et qui, par leur nature même, présentent la plus grande durée; je pense que les rails en fer malléable brevetés de Birkinshaw, sont ceux qui réunissent ces avantages au plus haut degré. Il est certain que ces rails peuvent aujourd'hui être confectionnés à meilleur marché que ceux en fonte, attendu que leur poids est moindre de moitié pour une égale solidité, et que le prix du fer malléable est loin d'être double de celui de la fonte : de plus, étant moins sujets à se rompre par l'effet d'un choc brusque, ils permettent de donner aux chariots une vitesse considérable. Pour obtenir des rails en fonte les mêmes avantages, il faudrait leur donner un poids énorme, ce qui augmenterait nécessairement la dépense première. Les rails en fer malléable offrent aussi plus de solidité pour la construction de la route; car on peut leur donner une longueur assez grande pour qu'ils reposent sur plusieurs dés, de telle sorte que ces derniers se maintiennent mutuellement. Cette disposition diminue d'ailleurs le nombre des assemblages, et rend ainsi moins fréquentes les secousses éprouvées par les chariots. Les rails en fer malléable s'usent, par le frottement des roues, d'une manière plus constante et plus uniforme que ceux en fonte, ce qui ne les empêche pas, en définitive, d'être d'une plus longue durée. Quelques ingénieurs ont prétendu qu'ils étaient sujets à s'exfolier dans la partie exposée à la pression de la roue : c'est un fait que je crois pouvoir nier formellement; j'ai examiné attentivement des rails employés depuis plusieurs années sur une ligne très-fréquentée, et nulle part je n'ai aperçu d'effet de ce genre. La pression des roues doit être certainement plus nuisible à la fonte qu'au fer malléable. Il est bien vrai que la fonte a plus d'élasticité que le fer, dans ce sens, qu'elle peut subir un allongement plus considérable sans altération permanente; mais, d'un autre côté, il suffit d'un léger changement de forme pour la briser complètement. Le fer malléable, au

contraire, peut éprouver dans sa forme des modifications très-sensibles, sans que sa force de cohésion en reçoive aucune diminution. D'après cela, le poids, qui suffirait pour écraser le tissu cristallisé de la fonte, aplatirait seulement le fer malléable, et par cela même augmenterait sa résistance. Nous pouvons donc assurer que le fer, en raison de sa malléabilité, ne peut subir d'exfoliation tant qu'il n'est pas altéré par quelqu'action chimique.

» Le frottement des roues produit aussi des effets très-distincts sur les rails en fer et en fonte, à raison de la différence remarquable qu'offre la contexture de ces deux substances. En effet, le fer malléable présente dans toutes ses parties une densité uniforme, tandis que dans la fonte, comme dans tout autre corps formé d'une matière analogue, le tissu est plus dense à la surface qu'à l'intérieur, ce qui provient indubitablement du refroidissement plus rapide de cette surface. Il résulte de là que du moment où la roue a usé la couche extérieure d'un rail en fonte, sa destruction devient très-prompte. Quant à l'action de l'atmosphère, elle s'exerce à peu près également sur les deux substances, et, dans les deux cas, elle ne produit que des effets très-peu sensibles. Le frottement et la pression à laquelle les rails sont constamment exposés entretient sur leur surface un poli qui contribue probablement à les préserver de l'oxidation, et les parties latérales sont sans doute garanties par la croûte d'oxide noir qui recouvre toujours la surface du fer. »

Des expériences récentes ont en effet démontré que les rails en fer, ainsi que l'annonce M. Stephenson, ne se détruisent ni par l'exfoliation, ni par l'oxidation, et que, sous ce rapport, ils sont supérieurs aux rails en fonte. On peut du reste se faire une idée assez exacte de la durée relative du fer et de la fonte, en comparant entre elles les roues construites avec ces deux matières : les roues en fonte des machines locomotives sont ordinairement usées au bout de neuf mois, tandis que nous voyons quelquefois des jantes en fer malléable encore en bon état après trois ans de service. Quant aux effets de l'oxidation sur les rails en fer malléable, ils offrent des différences très-remarquables, suivant que ces rails forment la voie d'un chemin de fer, ou restent exposés sans emploi à l'action de l'atmosphère. On remarque en effet que, dans le premier cas, ils ne présentent aucune altération sensible, tandis que dans le second cas on voit se détacher continuellement de leur surface des écailles de fer oxidé (1).

On a donné, dans l'origine, des dimensions beaucoup trop faibles aux rails en fonte, en cherchant à rendre leur construction plus économique que celle des rails en bois ; et il est résulté de là que la plupart de ceux qui ont été posés il y a une vingtaine d'années sont aujourd'hui hors de service. Il parait nécessaire de donner aux rails une force très-supérieure à celle qui est rigoureusement indispensable pour supporter le poids auquel ils sont soumis. En effet, les secousses produites par les inégalités de la route, qui font porter la charge alternativement sur chaque côté du chariot, et de plus les chocs latéraux causés par les obstacles accidentels qui peuvent se rencontrer

(1) Nous empruntons au rapport présenté en 1832, à l'assemblée générale des actionnaires du chemin de fer de la Loire, la note suivante, relative aux effets de l'oxidation sur les rails.

« On craignait que les rails, sans cesse exposés à l'humidité et si voisins du sol, ne fussent promptement détériorés par l'effet de la rouille ; mais il a été fait à cet égard une observation singulière. Tant que les rails sont emmagasinés ou couchés sur la terre, ils s'oxident effectivement beaucoup, et c'est un genre de destruction dont on cherche à les préserver le plus possible ; mais aussitôt qu'ils sont posés et mis en rapport les uns avec les autres, il n'y a plus rien à craindre, non-seulement pour la surface exposée fréquemment au frottement des roues ; mais encore pour les côtés, et même les parties qui touchent à terre. C'est ce que nous avons observé sur toute la ligne du chemin de fer.

» A quelle cause est-on redevable de cet avantage? nous ne saurions le préciser d'une manière absolue; ce qui est certain, c'est qu'indépendamment de l'ébranlement, ou si l'on veut du frémissement communiqué aux rails lors du passage des chariots, il s'établit sur toute la ligne un courant magnétique prononcé. En effet, il existe toujours à la jonction des rails entr'eux un intervalle de deux millimètres, pour permettre leur dilatation par la chaleur. Or, si l'on jette de la limaille de fer au-dessus de cet intervalle, les parcelles de limaille restent suspendues au niveau de la surface des rails, et, s'agglomérant les unes aux autres, ne tardent pas à réunir les deux rails entr'eux. Si l'on pose de la limaille sur une feuille de papier au-dessus des rails, cette limaille s'agitant d'elle-même se dispose en ligne dans la direction même du rail. Une influence protectrice préserve donc les rails contre les ravages de l'oxidation, et ce fait important sera pour les chemins de fer d'un immense avantage. » (*Note des trad.*)

sur la voie, tendent à briser les rails en fonte et à courber ceux en fer malléable. On conçoit combien il est important de prévenir un semblable accident, qui peut avoir les conséquences les plus graves lorsque les chariots marchent avec une grande vitesse.

Après avoir décrit les divers genres de rails en fer ou en fonte actuellement en usage, il sera peut-être utile de faire connaître un modèle formé par la combinaison de ces deux substances, et proposé en 1817 par M. John Hawks de Gateshead. La partie inférieure du rail présentait la forme ordinaire, et consistait en une barre de fer malléable dont la surface supérieure était taillée en queue d'hironde ou couverte d'aspérités. Sur cette surface on coulait la partie destinée à recevoir la roue. Le rail se trouvait ainsi formé d'une partie supérieure en fonte d'environ ¾ de pouce (0m. 019) d'épaisseur, et d'une partie inférieure en fer malléable. Cette combinaison repose sur ce principe, que, dans toute barre de fer soutenue par ses extrémités et soumise à l'action d'un poids, la partie inférieure est dans un état de tension, tandis que la partie supérieure subit une pression : or l'on sait que le fer forgé supporte mieux la tension que la fonte, tandis que cette dernière résiste mieux à la pression. M. Hawks a espéré obtenir ainsi une plus grande résistance, et en même temps l'avantage de présenter à la roue la surface la plus dure; mais les soins nécessaires pour opérer complètement la jonction des deux matières rendaient la fabrication de ces rails assez difficile; le contact du fer, pour peu que ce dernier ne fût pas complètement exempt d'humidité, altérait la qualité de la fonte; de plus, la partie en fer forgé était trop faible, et en cédant au poids du chariot, elle exposait la partie supérieure en fonte à se briser. Ce sont probablement ces inconvéniens qui ont empêché d'adopter les rails de M. Hawks (1).

Il nous reste maintenant à faire connaître la disposition des rails au point de rencontre d'une voie principale avec une voie diagonale, ainsi qu'au point de croisement de deux voies. Lorsque le chemin de fer est à double voie sur toute sa longueur, et lorsque tous les chariots doivent marcher avec

(1) Nous avons pensé qu'il serait utile d'ajouter ici la description des principaux rails nouvellement employés en Angleterre, en France et en Amérique, et dont la forme présente quelques particularités remarquables.

Rail du chemin de fer de Saint-Helens à Runcorn, fig. 2, pl. 3. Sa hauteur est constante sur toute sa longueur. Il porte un rebord inférieur également saillant des deux côtés. Il est fixé au coussinet au moyen de deux coins qui pénètrent dans des cavités correspondantes du coussinet; ces coins, étant plus épais à leur base qu'à leur sommet, s'opposent au mouvement vertical du rail en appuyant sur son rebord inférieur. Les axes des supports sont éloignés de 3 pieds (0m.91). Le poids de ce rail est de 42 livres par yard (20k.78 par mètre).

Rail de MM. Stephenson et Vignolle, fig. 3, pl. III. Sa section est constante sur toute sa longueur. La partie supérieure est plus forte du côté intérieur de la voie, comme devant supporter la plus grande partie de la charge. Les rails ont une base plate, et sont fixés sur les supports au moyen de chevilles en fer sans l'intermédiaire de coussinets. La base du rail porte deux rainures sur lesquelles appuient les têtes des chevilles, comme on le voit dans la coupe en travers. Les points d'appui sont éloignés de 4 à 5 pieds (1m.22 à 1m.52); les rails pèsent 42 liv. par yard (20k.78 par mètre).

Rail employé à la Nouvelle-Orléans. On nous a communiqué le dessin de ce rail, que l'on voit fig. 4, pl. III. Sa section est constante sur toute sa longueur. Il est fixé sur des pièces longitudinales au moyen de chevilles en fer éloignées les unes des autres de 6 pouces (0m.15).

Rail employé par MM. Mellet et Henry sur le chemin de fer de la Loire, fig. 5, pl. III. Sa section est la même sur toute la longueur; il porte d'un seul côté un rebord inférieur. Le rail est fixé au coussinet au moyen d'un coin qui fait pénétrer le rebord du rail dans une des parties saillantes du coussinet. Les rails sont assemblés bout à bout; leur poids est de 13 kil. par mètre courant; les points d'appui sont éloignés de 0m.83. Ce rail diffère peu de celui qui a été adopté par M. Séguin pour le chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, et dont le modèle a été fourni par M. Philip Taylor.

Rail proposé pour le chemin de fer de Paris à Pontoise, fig. 6, pl. III. Ce rail, dont la section est constante sur toute sa longueur, porte deux rebords inférieurs symétriques, dont l'un pénètre dans une cavité du coussinet. Du côté opposé, le rail est assujéti par deux coins; le coin supérieur est en fonte et se place le premier, le second, en fer malléable, s'enfonce avec un marteau. Le poids des rails est de 20 kil. par mètre de longueur. Les points d'appui sont éloignés de 0m.83.

En terminant cette description des divers genres de rails employés jusqu'ici, nous croyons devoir rappeler que les rails plats sont aujourd'hui presqu'entièrement abandonnés, et que pour la construction des rails saillans, qui seuls sont employés actuellement sur les chemins de fer publics, on adopte généralement le fer forgé. Enfin, dans les rails les plus récemment projetés, la section est constante sur toute la longueur. (*Note des trad.*)

une vitesse égale, il n'est pas nécessaire d'établir un grand nombre de voies diagonales pour le passage d'une ligne à l'autre; mais si l'on a à transporter des voyageurs ou des marchandises légères qui exigent une grande vitesse, ces passages sont indispensables pour permettre aux convois rapides de dépasser les chariots marchant plus lentement.

Supposons, par exemple, que, sur la ligne AA (fig. 7, pl. III), un convoi de marchandises s'avance de A en A', et qu'un autre convoi de marchandises légères ou de voyageurs marche sur la même voie et dans la même direction; le premier convoi prendra la ligne BB', au moyen de la voie diagonale *ab*, laissera passer le convoi plus rapide, puis rentrera dans la voie AA' au moyen de la ligne diagonale *cd*. De même si un convoi léger marchant sur la ligne BB', de B' en B, rencontre un convoi plus lent marchant dans la même direction; à un signal donné, le convoi lent passera au moyen de la voie transversale *fe* sur la ligne A'A, jusqu'à ce que l'autre convoi l'ait dépassé, puis reprendra la première ligne au moyen de la voie diagonale *cd*. De cette manière, lorsque la route est sensiblement en ligne droite, ainsi que cela devrait toujours avoir lieu sur les chemins de fer destinés au public, les convois n'interrompent pas réciproquement leur marche.

Le passage des chariots d'une voie à l'autre s'opère de la manière suivante (fig. 10, pl. III) : au point de jonction de la ligne diagonale avec la ligne principale est placée une aiguille ou rail mobile *ab*. Tant que cette aiguille reste dans la position que la figure indique, les chariots suivent invariablement la ligne principale; mais lorsqu'elle est appuyée contre le rail de la voie principale, dans la position indiquée par les lignes ponctuées, elle agit sur le rebord des roues, et force le chariot à entrer dans la voie diagonale; l'autre rail de la voie principale présente une ouverture *g* destinée à livrer passage au rebord de la roue. Les aiguilles doivent toujours être placées à l'avance par le conducteur dans la position convenable pour que le chariot change de voie.

Au point de croisement (*xx*, fig. 7) des deux lignes de rails, on emploie le système représenté fig. 15 : les deux rails se confondent au point *a*, et se séparent de nouveau en *b* et *c*. De chaque côté en *dd* et *ee* sont placés des rebords saillans de ¾ de pouce (0m. 019) de hauteur, destinés à maintenir les roues au point *x*, où l'action de leurs filets devient nulle.

Lorsque le passage des chariots d'une voie diagonale dans la voie principale doit s'effectuer constamment dans le même sens, on peut employer la disposition indiquée fig. 11, pl. III, laquelle offre l'avantage de n'exiger aucune manœuvre.

Sur les chemins à simple voie on établit de distance en distance des gares ou portions de voies latérales qui permettent le croisement des chariots en sens contraire. La figure 8, pl. III, représente un système de ce genre : les chariots chargés suivent constamment la direction principale AA', tandis que les chariots vides, marchant en sens inverse, entrent, pour leur livrer passage, dans la voie latérale B'B. On emploie, du reste, aux points de rencontre des voies diagonales avec les voies principales, les dispositions que nous venons de décrire pour les chemins à double voie.

Ces appareils exigent généralement, ainsi que nous l'avons déjà fait observer, que les aiguilles soient manœuvrées chaque fois que les chariots doivent changer de voie; cet inconvénient peut être évité sur les chemins à simple voie au moyen du système représenté fig. 9, pl. III. La route se partage en deux voies distinctes, *bd*, *ac*, destinées exclusivement, l'une aux chariots qui marchent dans le sens AA', l'autre aux chariots qui marchent en sens inverse. Les premiers suivent d'eux-mêmes la ligne A *b d c* A', et les seconds la direction A' *c a b* A. Aux points *c* et *b* sont placés des appareils fixes, semblables à celui qui est représenté fig. 11, pl. III.

Ce mode de croisement est très-utile sur les chemins de fer publics, où toute négligence dans le placement des aiguilles peut donner lieu aux plus graves accidens; mais il présente cependant l'inconvénient de forcer les chariots à suivre des coudes brusques, même lorsqu'ils ne doivent pas se croiser.

Nous avons adopté récemment, sur le chemin de fer de Killingworth, un système qui, sans offrir la même imperfection, rend également toute manœuvre inutile (fig. 12 et 13, pl. III). A l'une des extrémités de la voie latérale (fig. 12) sont placées deux aiguilles, *ik* et *dr*, mobiles autour des chevilles *i* et *d*, et s'appuyant en *k* et en *r* sur des plaques de fonte; ces deux aiguilles

sont unies par une chaîne ou une barre de fer. Une autre chaîne plus petite est fixée en *r* à l'aiguille *dr*, et passe sur une poulie placée en dehors de la voie. Elle supporte à son extrémité un poids suffisant pour maintenir les aiguilles dans la position que la figure indique, et pour les y ramener lorsqu'elles en ont été écartées. A l'autre extrémité de la voie latérale est disposé un appareil semblable. Les chariots chargés suivent constamment la voie principale dans la direction marquée par la flèche, et les chariots vides suivent la direction opposée, en passant sur la voie latérale. On voit aisément que les premiers arrivent sans obstacle jusqu'en *el*, *gs*; là le rebord des roues appuyant sur le rail *ef*, pousse l'aiguille *ts* contre le rail *ph*, et éloigne l'aiguille *vl* de *ef*. Après le passage du convoi, les deux aiguilles sont ramenées dans leur position primitive par le contre-poids dont nous avons parlé, quant aux chariots vides, ils sont dirigés vers la voie latérale par l'aiguille *vl*, et rentrent sur la ligne principale en déplaçant les aiguilles *dr* et *ik*.

Le mode de croisement que nous venons de décrire a l'avantage de présenter aux roues une surface continue. Dans le système indiqué fig. 11, au contraire, il existe aux points *f* et *h* un intervalle considérable entre les deux rails; comme le rail *ab* s'use beaucoup plus vite que *f*, celui-ci se trouve bientôt plus élevé que le premier, et cette différence de niveau produit un choc lors du passage des chariots. Cet inconvénient se présente encore à un plus haut degré dans le système de croisement en X, représenté fig. 15. Car les convois chargés aussi bien que les convois vides, passent sur le rail *a*, qui se trouve ainsi promptement abaissé au-dessous du niveau des rails *b* et *c*.

On voit, fig. 14, un système destiné à prévenir ces secousses. *a*, *b*, *c*, *d*, représentent la voie principale; *e*, *f*, *g*, *h*, la voie latérale : sur les rails *e* et *c* sont placées deux aiguilles *i* et *k*, que des contre-poids tiennent appuyées contre les rails *cd*, *ef*. Lorsqu'un chariot chargé s'avance de *ac* en *bd*, ou de *bd* en *ac* sur la voie principale, la roue pousse l'aiguille *i* dans la position que la figure indique, et passe ainsi sans secousse sur une surface parfaitement de niveau. De même, sur la voie latérale, le chariot arrive en *k*, écarte l'aiguille *k* du rail *ef*, tandis que l'aiguille *i*, appuyée par le contre-poids sur le rail *de*, offre aux roues une surface continue. Les poulies sont placées dans des boîtes au-dessous du niveau du chemin de fer, et ne peuvent ainsi être endommagées par les chariots.

La fig. 2, pl. IV, représente le mode adopté par M. Stephenson, sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester, pour faire passer les chariots d'une voie principale *a b c d*, sur une voie diagonale *a c e f*. Les deux rails *ae*, *cf*, sont mobiles autour des points *a* et *c*, et sont réunis à leur extrémité par une tige de fer *g*, qui s'étend d'un côté à l'autre de la route. Cette tige se termine par une boîte oblongue contenant un excentrique qui est manœuvré par un bras de levier horizontal. Les dimensions de l'excentrique sont telles, que pour la position *h* du bras de levier, les rails mobiles se trouvent placés sur la voie principale, ainsi qu'on l'a indiqué en points ronds, et que, pour la position *k* de ce bras de levier, ils correspondent à la voie latérale. Ce système présente toute sûreté, et se manœuvre très-facilement (1).

---

(1) Nous ajoutons, fig 1, pl. IV, le détail d'un changement de voie avec une seule aiguille employée sur le chemin de fer de Darlington à Stockton.

Les chariots pleins suivent constamment la voie principale dans la direction indiquée par la flèche. Les chariots vides marchent en sens inverse, et prennent la voie latérale, dont l'extrémité est représentée dans la figure. Ils rejoignent la voie principale en déplaçant l'aiguille, qui, dans sa position ordinaire, est maintenue près du rail au moyen d'une poulie et d'un contre-poids. La pièce de fonte *c d e f* porte une saillie *g* destinée à empêcher les chariots de sortir des rails, au moment où rentrant sur la voie principale, ils éprouvent une secousse causée par le changement subit de leur direction. La pièce de fonte *c d e f*, sert à faciliter le mouvement de l'aiguille et à maintenir son axe.

On emploie sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester, pour changer de voie à angle droit, le système représenté fig. 3, pl. IV. Il se compose d'une plate forme circulaire en fonte, mobile autour de son axe, et supportée par huit galets qui roulent sur un cercle fondu. La plate-forme est recouverte d'un plancher sur lequel sont fixés les rails. Au moyen d'un simple mouvement de rotation de la plate-forme, ces rails peuvent correspondre successivement aux deux voies, entre lesquelles se trouve ainsi établie une communication facile. Ce système est applicable, quel que soit l'angle sous lequel les deux voies se rencontrent.

Nous avons pensé qu'il était indispensable de faire connaître les dispositions adoptées dans quelques cas particuliers pour le profil des chemins de fer.

La fig. 1, pl. V, représente le mode de construc-

CHAPITRE III.

DES CHARIOTS EMPLOYÉS SUR LES CHEMINS DE FER.

Les chariots employés sur les chemins de fer présentent des formes très-variées, suivant les différentes espèces de marchandises qu'ils sont destinés à transporter. Aussi n'essaierons-nous pas d'en donner une énumération complète; nous nous contenterons de faire connaître le mode de construction des roues, des essieux, des boites d'essieux et des diverses pièces dont la disposition dépend uniquement de la nature de la roue.

Pendant long-temps on n'a employé sur les chemins de fer que des roues en bois, composées, tantôt d'une pièce unique, tantôt de deux ou trois pièces reliées ensemble par des chevilles, et maintenues par des plaques de fer en S, clouées sur les joints. Sur un des côtés de la jante on ménageait un rebord destiné à guider la roue sur le rail. Quant aux essieux, ils étaient en fer forgé, et fixés à demeure dans les moyeux, de sorte qu'ils tournaient en même temps que les roues.

L'emploi de ce genre de roues présentait un grave inconvénient : il était en effet presque impossible de leur donner une forme parfaitement circulaire, et il en résultait que le centre de gravité du chariot, au lieu de se mouvoir parallèlement à la surface des rails, éprouvait un mouvement vertical qui consommait inutilement une partie plus ou moins considérable de la force motrice. On a cherché à éviter cet inconvénient par l'emploi des roues en fonte.

Il serait assez difficile de préciser l'époque à laquelle on commença à mettre en usage ce dernier genre de roues. On trouve dans un dictionnaire des sciences et des arts, publié en 1754, le dessin d'une roue en fonte employée pour les chariots qui transportaient les pierres d'une carrière des environs de Bath. Cette invention est citée dans l'ouvrage comme offrant une supériorité incontestable sur le système adopté aux houillères de Newcastle ; d'où l'on doit conclure que, dans cette dernière localité, les roues en fonte n'étaient pas encore en usage à cette époque. Nous ne saurions dire combien de temps après elles y furent adoptées; mais il paraît qu'en 1765 on employait généralement deux roues en fonte et deux en bois. Ces dernières étaient seules soumises à l'action du frein, destiné à modérer la vitesse dans les descentes rapides.

Au reste, l'emploi exclusif des roues en fonte, a été long-temps combattu par un grand nombre d'objections, et ce système n'a été généralement admis qu'après que l'on a eu acquis une connaissance plus approfondie des propriétés du fer fondu, et

---

tion employé sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester, à la traversée de la route à barrières qui réunit ces deux villes. Le rail est compris entre deux cours de pierre de taille, et a sa surface supérieure à peu près au niveau de la route. Il est garanti des chocs par deux lames de fer éloignées de 0m,04 de ses deux rebords. Au-dessous de chaque rail, et dans l'intérieur du massif de maçonnerie sur lequel reposent les pierres de taille, règne un fossé longitudinal de 0m.36 de largeur, destiné à recevoir l'eau pluviale ainsi que les matières qui pourraient s'accumuler autour du rail.

On voit, fig. 2, la disposition adoptée sur un grand nombre de chemins de fer à la traversée d'une route vicinale. Le rail est simplement garanti par deux pièces de bois longitudinales, dont la partie supérieure est quelquefois garnie de plaques en fer.

Nous devons à l'obligeance de M. Mallet, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées, le détail du mode de construction adopté sur le chemin de fer de Garnkirk à Glascow dans la traversée d'un marais (fig. 3, pl. V). On établit sur le sol une couche de fascinages de 0m.10 d'épaisseur, que l'on recouvre d'un remblai en terre forte et en pierraille de 0m.25 d'épaisseur. On pose sur cette base un système de charpente composé de doubles longrines séparées par des traversines. Les coussinets reposent immédiatement sur les longrines supérieures. L'espace compris entre les deux rails de chaque voie est occupé par un empierrement en matériaux durs. Le reste de la route est recouvert d'un empierrement moins résistant. De chaque côté du chemin est établie une rigole pavée, séparée par un mur des terrains environnans. Les eaux de ces rigoles s'écoulent au moyen de petits conduits transversaux dans un aqueduc qui règne sur toute la longueur de la route à 0m.70 environ au-dessous de son niveau.

Un autre mode de construction a été employé dans une circonstance analogue par M. Philip Taylor, sur un embranchement du chemin de Pontipool (pays de Galles) (fig. 4, pl. V.)

Des pieux, légèrement inclinés dans le sens transversal, sont placés à une distance de 0m.94 d'axe en axe. Ils sont réunis par des longrines, sur lesquelles reposent des pièces transversales, correspondant à la tête de chaque pieu. Les coussinets sont fixés sur ces traversines. Ce mode de construction a complétement réussi. (*Note des trad.*)

surtout après l'introduction des rails en fonte, sur lesquels les roues en bois n'étaient plus applicables.

Les roues en fonte, employées aujourd'hui sur les chemins à rails plats, sont ordinairement formées d'une seule pièce ; leur épaisseur à la jante est environ de 2 à 3 pouces (0m.051 à 0m.066) ; mais vers le moyeu cette épaisseur est plus considérable. Elles sont mobiles autour des essieux, et ces derniers sont fixés au corps du chariot. Du reste, la forme des roues est variable : les unes ont des rayons semblables à ceux des voitures ordinaires, les autres sont massives et percées seulement de quelques ouvertures pour diminuer leur poids.

Les roues employées sur les rails saillans ont ordinairement six ou huit rayons ; leur épaisseur est d'environ 4 pouces (0m.10) à la jante, et de 7 pouces (0m.18) au moyeu. Ce dernier est percé d'un trou quarré destiné à recevoir l'essieu.

La *fig.* 1, pl. VI, donne une idée de leur disposition ; *f* représente le moyeu, *a* la jante garnie d'un rebord saillant *b*, qui a pour objet de guider la roue sur le rail, et que nous nommerons filet. Le diamètre de la roue n'est pas constant sur toute la largeur de la jante ; il augmente vers le point *b*. Cette forme conique de la jante tend à l'éloigner du rail, et, par suite, à diminuer le frottement de la face latérale de ce dernier contre le filet de la roue. Cependant, si l'on ne se tenait pas à cet égard dans de justes limites, le mouvement du chariot deviendrait irrégulier, et le rail éprouverait une pression latérale qui tendrait à le déverser en dehors de la voie. Quant à la hauteur du filet, elle est ordinairement d'environ 1 pouce (0m.025), dimension que l'expérience a démontrée suffisante pour maintenir la roue sur le rail.

On a élevé, contre l'emploi des roues en fonte, une très-forte objection, fondée sur ce que les rails, surtout quand leur surface est étroite, tendent à former une rainure dans les jantes des roues. Cette rainure, lorsqu'elle avait acquis une certaine profondeur, non-seulement donnait lieu à un frottement considérable, mais encore produisait sur les rails une pression latérale capable de les rompre. De plus, les arètes saillantes de la rainure exerçaient sur les parties latérales du rail une action destructive, et souvent même brisaient, sur toute sa longueur, le rebord intérieur. On parvint à remédier, jusqu'à un certain point, à ce grave inconvénient, en augmentant la largeur des rails ; mais les frais d'entretien restèrent toujours fort considérables.

Ce n'est que depuis un petit nombre d'années que l'on a complètement surmonté cette difficulté, à l'aide de la trempe en coquille (*case-hardening*), opération qui consiste à couler la jante dans un moule cylindrique en fer froid ; la fonte, par le refroidissement subit qu'elle éprouve dans le moule, acquiert une telle dureté, qu'elle résiste à l'action de la lime, et ne peut plus être attaquée par les rails.

Ce procédé présenta dans l'origine de graves difficultés. Le métal, exposé à un abaissement de température trop rapide, n'éprouvait pas dans toutes ses parties un retrait uniforme, et souvent se brisait en éclats. La jante se refroidissait la première, et ne se prêtait plus ensuite à la contraction des rayons ; en sorte que ces derniers, s'ils ne se séparaient pas immédiatement de la jante, restaient du moins dans un tel état de tension, que le moindre choc suffisait pour causer leur rupture. On imagina plusieurs moyens pour prévenir ce danger : les uns consistaient à donner plus d'épaisseur à la jante qu'aux rayons, afin d'accélérer le refroidissement de ces derniers ; les autres, à former le moyeu de deux pièces que l'on reliait ensuite par des cercles en fer.

MM. Losh et Stephenson ont proposé de construire les rayons en fer malléable, de manière à ce qu'ils pussent céder au retrait inégal occasioné par la trempe en coquille. Ce système, pour lequel ils ont obtenu un brevet d'invention, est représenté, *fig.* 1, pl. VI. Les rayons sont en fer malléable, ainsi que nous l'avons dit, et taillés à queue d'hironde à leurs extrémités ; on les place dans le moule avant de couler le reste de la roue, et ils se trouvent ainsi reliés avec le moyeu d'une part, et de l'autre avec la jante. La contraction produite par le refroidissement du métal donne à l'assemblage une telle solidité, que l'on n'a plus à craindre aucun jeu dans le système. Dans l'origine, les rayons étaient droits, et au nombre de six, comme l'indique la figure ; mais l'expérience a prouvé depuis, qu'il était préférable d'en augmenter le nombre, et de leur donner la forme en S, qui se prête mieux à l'effet de la contraction des jantes.

Le procédé de la trempe en coquille, ainsi perfectionné, a produit une économie

considérable dans les frais d'entretien des chariots. Aujourd'hui les roues bien trempées peuvent être employées pendant plusieurs années, sans exiger la moindre réparation. Nous avons sous les yeux des roues qui, après huit ans de service, sont encore en bon état, et qui, selon toute apparence, doivent durer long-temps encore. Nous sommes de plus portés à croire que ce mode de coulage donne au contour de la roue une forme plus exactement circulaire ; ce qui diminue la perte de force causée, comme nous l'avons dit plus haut, par l'irrégularité de la circonférence.

On a prétendu que la dureté des roues trempées en coquilles les exposait à couper les rails ; mais il nous semble qu'un pareil inconvénient n'est pas à craindre lorsque les surfaces en contact présentent, comme dans le cas actuel, une grande largeur, et surtout lorsque la surface roulante est à la fois la plus large et la plus dure. Au reste, nous avons souvent examiné avec le plus grand soin l'action exercée sur les rails par ce genre de roues, et nous n'avons jamais remarqué la moindre trace d'une semblable altération. Les roues ordinaires, au contraire, pour peu que la surface de la jante soit ébréchée, détériorent promptement les rails en fer; leur périphérie, ainsi dentelée, brise les parties latérales de la surface supérieure du rail, et n'en laisse subsister que le centre. Cet effet s'observe sur tous les chemins de fer où l'on a long-temps employé des roues ordinaires.

Les roues trempées en coquille, dont nous venons d'indiquer les avantages, ne peuvent s'appliquer avec succès aux chariots destinés à se mouvoir avec une grande rapidité. Il paraît indispensable, lorsque l'on se propose d'obtenir une vitesse considérable, d'employer une substance moins cassante. Aussi voit-on que, dans les machines de Killingworth, les roues en fonte sont garnies de jantes en fer forgé. MM. Stephenson et comp^{e}. construisent également pour leurs machines des roues en fonte ou en bois garnies de jantes en fer.

MM. Jones, de Londres, ont employé un procédé semblable; mais ils y ont ajouté une disposition particulière pour laquelle ils ont obtenu un brevet d'invention, rapporté dans le sixième volume du *Repertory of Patents*, page 279. Leur système consiste à serrer les rayons dans le moyeu avec des vis et des écrous, de manière à éviter tous les efforts que peut faire naître l'inégale dilatation de la jante (1).

Les essieux sont généralement construits en fer malléable ; leurs extrémités sont quarrées, et s'ajustent dans une ouverture pratiquée à cet effet dans le moyeu de la roue. Leur dimension dépend nécessairement du diamètre des roues, et de la charge qu'ils sont destinés à supporter. Dans les chariots employés aux environs de Newcastle pour le transport de la houille, leur diamètre est de 2 pouces $\frac{1}{2}$, (0^{m}.063), à 2 pouces $\frac{3}{4}$, (0^{m}.070); celui des roues est de 3 pieds (0.915), et le poids des chariots, y compris sa charge, s'élève à plus de 3 tonneaux (3,044^{k}.82).

Le chariot repose sur l'essieu par l'intermédiaire d'une boîte ou crapaudine fixée invariablement à sa charpente, et dans laquelle l'essieu peut tourner librement. La crapaudine porte une saillie latérale qui dépasse le corps du chariot, et qui, s'appuyant sur le rebord *f* du moyeu, prévient le contact du chariot et de la roue. Cette saillie est toujours graissée ou huilée avec soin, afin de diminuer le frottement, dans le cas où le chariot viendrait à s'incliner par suite de la différence de niveau des deux rails. On obtient le même résultat en pla-

---

(1) Nous avons ajouté, fig. 2, pl. VI, le détail des roues le plus ordinairement employées sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester. Ces roues sont en fonte; le moyeu est composé de deux pièces que l'on assemble à l'aide de deux cercles en fer, après avoir introduit l'essieu dans l'ouverture qui lui est destinée; les deux cercles sont serrés contre le moyeu par des coins en fer. — Dans la roue que nous représentons, l'extrémité de l'essieu est carrée, mais souvent on lui donne une forme cylindrique, dans ce dernier cas, on fixe l'essieu au moyeu par une cheville qui les traverse l'un et l'autre. — Souvent aussi l'on fait usage de jantes en fer forgé appliquées sur des roues en fonte, à peu près semblables à celles que nous venons de décrire.

Nous avons représenté, fig. 3, pl. VI, le détail du modèle de roue proposé par MM. Jones. La jante de cette roue est en fer forgé; la partie immédiatement contiguë à la jante est en fonte. Le moyeu est en fer et porte une rondelle en fonte qui recouvre les écrous : les rayons, qui sont en fer forgé, sont fixés au moment de la fusion dans la partie en fonte du cercle de la roue.

La fig. 4 représente une roue en fer et en bois, adoptée par MM. Mellet et Henry, sur le chemin de fer de la Loire. La jante de cette roue est en fer, la partie intérieure du cercle contiguë à la jante est en fonte, et les rayons sont en bois.

çant sur l'essieu un collier qui l'embrasse sans le serrer, et qui frotte contre le rebord *f* du moyeu. Les crapaudines ou boîtes d'essieux ont été successivement construites en fer malléable, en cuivre et en fonte; ce dernier mode nous paraît le plus convenable.

Il nous reste à parler des freins destinés à modérer la vitesse des chariots sur les pentes rapides. Ils sont ordinairement formés de deux pièces de bois de hêtre qui pressent contre les roues, et produisent ainsi une résistance considérable. Un de ces freins est représenté en *a b c*, *fig.* 6, pl. VI. Le bras de levier *a b*, au moyen duquel on fait agir les pièces *c c*, est construit soit en bois, soit en fer, et est fixé par un boulon ou une cheville *a* à la charpente A B du chariot, qui lui sert de point d'appui. Quand le frein est au repos, on arrête son extrémité *b* au moyen d'un crochet qui empêche les pièces *c c* de porter contre les roues.

Dans l'origine, le frein ne se prolongeait pas au-delà de *a*, et n'agissait ainsi que sur la roue de derrière. On employait pour les pentes très-rapides deux freins distincts placés chacun d'un côté du chariot, et réunis à leur extrémité *b* par une barre transversale, qui permettait à un seul homme de les manœuvrer à la fois. Ce n'est que plus récemment que l'on a imaginé de prolonger le frein au delà du point *a*, et de le faire agir simultanément sur les deux roues de devant et de derrière. Quelquefois, lorsqu'il est nécessaire d'obtenir une résistance plus considérable, on emploie un double bras de levier (1).

Nous terminerons tout ce qui est relatif à la disposition des chariots employés sur les chemins à rails, en décrivant succinctement quelques-uns de ceux qui sont en usage sur les principaux chemins de fer de l'Angleterre.

Les chariots destinés au transport de la houille présentent généralement la forme d'une trémie, ou plutôt d'un tronc de pyramide renversé. Dans l'origine des chemins à rails, comme la route était constamment en descente vers le point de déchargement, on donnait aux roues de devant un plus grand diamètre qu'à celles de derrière, afin de maintenir le chariot dans une position sensiblement horizontale. Mais on a peu à peu abandonné ce système, et employé exclusivement des roues du même diamètre. Du reste le modèle que nous indiquons ici, est fort convenable, lorsque les chariots doivent être déchargés par le fond, ainsi que cela se pratique dans le nord de l'Angleterre.

Lorsque la houille est destinée à être transportée dans les villes, il convient d'adopter une forme différente. Dans ce cas, le chariot doit être construit de manière à ce qu'il puisse marcher sur les routes ordinaires, ou du moins la caisse doit pouvoir se poser sur des roues de rechange.

Les *fig.* 1, 2, 3, pl. VII, représentent en plan et élévation les chariots destinés au transport de la houille sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester.

La caisse du chariot AA est quarrée, et peut contenir 25 quintaux (1,269$^{kil.}$55) de houille. Sur le châssis CC sont fixées des pièces de bois transversales *b b*, qui sont recouvertes de plaques de fer disposées comme celles d'un chemin à rails plats. A la partie inférieure de chaque caisse sont fixés quatre petits rouleaux qui marchent sur les rails plats dont nous venons de parler. On évite le frottement de la caisse contre les rebords verticaux des rails, en adaptant au châssis de petites roulettes horizontales (*fig.* 5, pl. VII). Les caisses sont maintenues, pendant le trajet, au moyen de deux crochets *g g* qui peuvent tourner autour de leur point d'attache, et s'appuient à leur extrémité sur le châssis du chariot.

Lorsque le convoi est arrivé à sa destination, on place chaque caisse sur une charrette à un cheval. Cette charrette est garnie de petits rails plats qui correspondent exactement à ceux du chariot; de sorte qu'on peut faire passer avec la plus grande facilité les caisses d'une voiture sur l'autre. On emploie le même système pour replacer les caisses vides sur les chariots du chemin de fer.

Le corps du chariot est supporté par des ressorts dont le milieu repose sur les boîtes

(1) Nous avons ajouté, fig. 5, pl. VI, le dessin d'un genre de frein plus puissant que celui qui est représenté, fig. 6; il est composé, de même, de deux pièces frottantes *e e*, qui agissent chacune sur une roue différente; mais ici ces pièces sont fixées sur deux bras de levier verticaux *a b* et *a' b'*, mobiles autour des points *a* et *a'*, et ces derniers sont liés, au moyen de deux articulations, à un autre levier coudé, mobile autour du point *o*. D'après cette disposition, lorsqu'on abaisse l'extrémité du levier *o c*, on force les pièces *e e* à s'éloigner l'une de l'autre et à appuyer sur les jantes.

d'essieux, et dont les extrémités s'appuient sur des plaques de fer fixées au châssis. Les boîtes d'essieux glissent verticalement entre les guides *m m*; elles sont formées de deux pièces, séparées par une rondelle de cuir, et réunies l'une à l'autre au moyen d'une frette. La pièce inférieure est destinée à empêcher la perte de l'huile, qui est fournie d'une manière continue par une mèche en syphon, renfermée dans une boîte en étain (1).

CHAPITRE IV.

DES MOTEURS EMPLOYÉS SUR LES CHEMINS A RAILS.

Les chevaux étaient le seul genre de moteur employé sur les premiers chemins à rails. Leur charge s'élevait en général à deux ou trois tonnes, y compris le chariot, et les pentes de la route étaient réglées de manière à leur permettre de traîner constamment ce poids. Du reste, on ne s'appliquait nullement à régulariser le profil longitudinal du chemin; et, si l'on excepte les ravins profonds que l'on était forcé de combler, et les collines abruptes que l'on nivelait au moins en partie, le tracé suivait toutes les ondulations du sol.

---

(1) Nous donnons (fig. 1, 2, 3, 4, 5, pl. VII) tous les détails du chariot employé sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester, pour le transport de la houille. Il se compose de deux caisses reposant sur un châssis commun. Chaque caisse peut se mouvoir à l'aide d'un système de roulettes verticales et horizontales qui marchent sur des rails plats fixés au châssis. Les caisses sont maintenues sur le corps du chariot au moyen de contrefiches en fer *g g*, indiquées dans l'élévation de face.

Lorsqu'on arrive à l'extrémité du chemin de fer, on roule les caisses sur des charrettes disposées à cet effet, ainsi qu'on l'a indiqué dans l'ouvrage. Parvenu au point de déchargement, on les vide en ouvrant leur paroi latérale, qui peut tourner autour de son arête supérieure. Cette paroi est maintenue durant le trajet par une barre de fer transversale, retenue par des crochets et indiquée dans l'élévation longitudinale.

Le châssis du chariot est supporté par des ressorts fixés au moyen de frettes sur les bois d'essieu. Ces frettes sont terminées par un boulon serré avec un écrou qui appuie contre la partie inférieure de la boîte. Leur forme est indiquée dans la coupe verticale de la boîte d'essieu par des lignes ponctuées. Cette boîte est composée de deux parties liées ensemble par les boulons des ressorts; dans la partie supérieure est pratiquée une cavité destinée à recevoir l'huile.

L'essieu est appuyé sur une pièce en cuivre indiquée dans les coupes par des hachures croisées. Son diamètre n'est ici que de $0^m.04$ à son extrémité, tandis que dans les chariots ordinaires il varie entre 0.07 et 0.08; cette disposition offre l'avantage de diminuer d'une manière notable la résistance produite par le frottement de la boîte.

La boîte d'essieu glisse verticalement entre deux plaques de fer fixées au châssis, et réunies à leur partie inférieure par une petite traverse. Cette disposition suffit pour lier le chariot à la boîte; ce qui permet de laisser glisser librement les extrémités des ressorts sur le châssis.

On voit (fig. 6, pl. VII) l'élévation d'un chariot destiné au transport des cotons. Le châssis est entièrement semblable à celui du chariot que nous venons de décrire; mais les deux caisses sont remplacées par une plate-forme garnie en tôle.

La pl. VIII, fig. 1 et 2, offre les détails de deux chariots présentant des dispositions particulières.

Le premier est employé sur le chemin de fer de Darlington à Stockton. La caisse est formée de plaques en tôle soutenues par des pièces demi-cylindriques en fer qui pénètrent dans le châssis. Ce chariot, qui est destiné au transport des charbons, se décharge par le fond. La partie inférieure est mobile autour d'une de ses arêtes latérales, et est retenue par des crochets qui sont fixés à deux barres de fer placées inférieurement. Les roues sont en fonte comme celles qui sont en usage sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester, et le moyeu est divisé en deux ou trois pièces que l'on réunit avec des cercles en fer forgé. On donne aux rayons la forme en S, afin qu'ils puissent se prêter, sans se rompre, aux changemens de température. Les essieux sont carrés à leurs extrémités; leurs boîtes sont garnies intérieurement de plaques de cuivre.

Le second chariot est employé sur le chemin de Bolton à Leich. La caisse est en bois ainsi que le châssis qui la supporte; celui-ci repose sur les essieux du chariot par l'intermédiaire de petites roues, dont les axes tournent dans les boîtes formant corps avec celles des grandes roues, et dont la circonférence s'appuie sur les essieux de ces dernières. Pour que le système conserve cette position, il est nécessaire que la boîte maintienne, dans le même plan vertical, le centre des grandes et des petites roues, et leur laisse en même temps du jeu dans le sens vertical. On conçoit alors que la résistance provenant du frottement des essieux des petites roues contre leurs boîtes, se trouvera diminuée dans le rapport des rayons des roues et de ceux des essieux. Ce système rend ainsi le frottement beaucoup moindre, mais il augmente le poids des chariots et leurs frais de construction.

On ne s'attachait pas non plus à modérer la vitesse des chariots sur les pentes rapides; et l'action du frein que l'on employait dans ce but était souvent insuffisante. Dans les temps pluvieux, surtout, la surface des rails devenait extrêmement glissante, et il n'était pas rare de voir les chariots, emportés avec une vitesse excessive, renverser les chevaux, briser tout ce qu'ils rencontraient sur leur passage, et enfin écraser le conducteur lui-même. On s'opposait quelquefois à l'effet de l'humidité en répandant des cendres sur les rails ; souvent même on suspendait entièrement les transports pendant les mauvais temps. Mais, lorsqu'au milieu d'une descente rapide un convoi était surpris par une ondée, on n'avait aucun moyen de modérer la vitesse avec laquelle il se trouvait subitement emporté, et il ne restait d'autre ressource que de l'arrêter avec des cordes tendues en travers de la route. Le dommage était faible si l'on parvenait à employer ce moyen avant que la vitesse acquise ne fût très-considérable ; mais, dans le cas contraire, les cordes étaient inévitablement brisées par le choc, et leur rupture était suivie des effets les plus désastreux.

Ces graves inconvéniens subsistèrent tant que les rails en bois furent en usage : l'adoption des rails en fer, en apportant une grande diminution dans la résistance, força de recourir à de nouveaux moyens pour franchir les pentes rapides, et c'est ainsi que l'on fut conduit à la construction des plans inclinés automoteurs. Plus tard, lorsque les applications de la machine à vapeur commencèrent à s'étendre, on l'employa pour remorquer les convois sur les rampes des chemins à rails. Enfin, aux machines fixes, succédèrent les machines locomotives, qui furent appliquées sur toutes les parties de route sensiblement de niveau.

Nous allons nous occuper successivement de ces quatre genres de moteurs ; à savoir : les chevaux, les plans inclinés automoteurs, les machines fixes et les machines locomotives.

1°. *Chevaux.*

Lorsqu'un cheval exerce un effort de traction sur un chariot, il rejette sur le collier la partie de son poids nécessaire pour surmonter la résistance, et emploie la force musculaire de ses jambes à soutenir cet effort et à porter en même temps son corps en avant. La force du cheval peut donc se décomposer en deux parties, celle qu'il exerce pour vaincre la résistance et celle qu'il emploie à se porter en avant. Les expériences faites jusqu'à ce jour n'ont pas été assez précises pour déterminer exactement quelle est la valeur relative de ces deux forces, ou, en d'autres termes, quelle est la partie de l'effort constant du cheval qui est employée à transporter son propre poids.

M. Desagulier fixe le travail d'un cheval à deux cents livres (90kil.60), mues avec une vitesse de deux milles et demi à l'heure (4098m.) pendant huit heures par jour, ou deux cents livres (90kil.60), transportées à vingt milles (32190m.) par jour. M. Smeaton donne une évaluation moins forte.

M. Watt estime la puissance d'un cheval à cent cinquante livres (67kil.95), mues avec une vitesse de deux milles et demi (4098m.) à l'heure.

Sans approfondir ici cette question, nous supposerons, 1° que l'effort constant d'un cheval, lorsqu'il se meut avec une vitesse ordinaire, c'est-à-dire, de deux milles et demi à l'heure (4098m.), peut être représenté par un poids de cent cinquante livres (67.kil95); 2° qu'un cheval de moyenne taille pèse environ dix quintaux ou 1120 livres (507kil.). D'après cela, l'effort que le cheval exerce sur la charge se trouverait à peu près égal à $\frac{1}{7}$ de son poids.

Si la route est en pente, il dépensera une portion de cette force pour élever son propre poids, et lorsque l'inclinaison atteindra $\frac{1}{7}$ (0m.14 par mètre), tout l'effort sera employé pour produire cet effet ; de sorte que son action sur la charge deviendra nulle. On voit donc que, quand on établit un chemin de fer avec l'intention d'y employer les chevaux comme moteurs, il faut éviter les rampes avec le plus grand soin. Si la différence de niveau des deux extrémités du chemin ne permettait pas d'établir une faible pente sur toute son étendue, il faudrait diviser la ligne en plates-formes successives, séparées par des plans inclinés de peu de longueur, sur lesquels les chevaux seraient remplacés par un autre genre de moteur (1).

(1) M. Tredgold donne pour la force moyenne du cheval une évaluation plus faible encore. Il admet que la vitesse correspondante au maximum d'effet utile est la moitié de la plus grande vitesse que le cheval puisse prendre en marchant à vide. Or, la vitesse maximum d'un cheval non chargé ne surpasse

2°. *Plans inclinés automoteurs.*

On nomme plans automoteurs des plans inclinés, sur lesquels le poids des chariots descendans est utilisé pour effectuer la remonte des chariots ascendans. Ce système, employé d'abord sur quelques canaux pour faire passer les bateaux vides d'un bief à l'autre, a été plus tard adopté sur plusieurs chemins de fer. Il est inapplicable lorsque le mouvement commercial est très-variable, ou lorsque la masse des transports est à peu près la même dans les deux sens, mais il peut être employé avec avantage sur les lignes où la majeure partie des transports a lieu en descente (1).

Le système de plans automoteurs que nous allons décrire, est celui qui est en usage sur les chemins de fer des environs de Newcastle, (*fig.* 1, pl. IX).

---

pas 6 milles (9,655 mèt.) par heure, quand la marche est continuée pendant 6 heures chaque jour ; et par conséquent une vitesse de 3 milles par heure correspond dans ce cas au maximum d'effet utile. Si la journée de travail était fixée à 8 heures, la vitesse extrême serait réduite à 5 milles (8,046 mèt.) par heure, ce qui donnerait 2 milles ½ pour la vitesse répondant au maximum d'effet utile. Dans l'un et l'autre cas, l'effort constant exercé par le cheval est égal, suivant M Tredgold, à la moitié de sa force moyenne, qui paraît être de 113 kil. environ. D'après cela, l'effet utile d'un cheval de force moyenne serait représenté par un poids de 57 kil. ½, mû avec une vitessse de 2 milles ½ par heure (4023^{m}.), pendant 8 heures par jour.

Malgré cette divergence d'opinion dans l'évaluation de la force du cheval, on s'accorde cependant assez généralement, lorsque l'on prend cette force pour mesure de l'effet d'une machine, à la considérer comme représentée par un poids de 75 kil. élevé à 1 mètre de hauteur en une seconde.

(1) Pour ne pas interrompre la description des divers systèmes de plans inclinés en usage sur les chemins de fer, nous avons réuni en note toutes les formules que l'auteur présente à ce sujet dans le courant du quatrième chapitre, et nous y avons ajouté les développemens qui nous ont paru nécessaires.

Si l'on considère une roue qui descend le long d'un plan incliné, en tournant sur elle-même, on obtiendra l'équation de son mouvement, à l'aide du principe des forces vives. Pour cela, on égalera la somme des forces vives de la masse totale du corps, en un instant quelconque de son mouvement, au double de la quantité d'action imprimée depuis l'origine du mouvement jusqu'à l'instant donné.

Soit m la masse de la roue, ρ son rayon, ρ_1 le rayon vecteur d'un élément quelconque de la masse de la roue, par rapport à son centre, e l'espace parcouru au bout du temps t, i l'inclinaison du plan ; la quantité d'action imprimée au corps pendant le temps t sera représentée par $m\,g\,e\,\sin.\,i$. Quant à la force vive, elle se compose d'abord de la force vive de la masse totale du corps, supposée réunie au centre de gravité, et, en second lieu, de la force vive due au mouvement de rotation autour de ce centre. Elle sera donc égale à

$$m\left(\frac{de}{dt}\right)^2+\frac{1}{\rho^2}\left(\frac{de}{dt}\right)^2\int\rho_1^2\,dm,$$

et l'on aura l'équation

$$(1)\quad \left(\frac{de}{dt}\right)^2\left(m+\frac{1}{\rho^2}\int\rho_1^2dm\right)=2\,mge\,\sin.\,i.$$

ou en posant $\int\rho_1^2\,dm=mk^2$

$$\left(\frac{de}{dt}\right)^2\left(1+\frac{k^2}{\rho^2}\right)=2\,g\,e\,\sin.\,i.$$

Si l'on différentie cette équation, on a

$$de\frac{d^2e}{dt^2}\left(1+\frac{k^2}{\rho^2}\right)=g\,\sin.\,i.\,de. \text{ d'où}$$

$$\frac{d^2e}{dt^2}=\frac{\rho^2}{\rho^2+k^2}\,g\,\sin.\,i.$$

Cette dernière équation, qui donne la valeur de la force accélératrice de la roue, peut être mise sous une forme différente. En effet, la distance d'un point quelconque de la circonférence de la roue au centre d'oscillation, pris par rapport à ce point, est égale à $\rho+\frac{k^2}{\rho}$. On a donc en nommant δ cettte distance,

$$1+\frac{k^2}{\rho^2}=\frac{\delta}{\rho},\text{ et par suite}$$

$$(2)\quad \frac{d^2e}{dt^2}=\frac{\rho}{\delta}g\,\sin.\,i.$$

Si l'on considère actuellement le cas d'un chariot à roues, on remarquera que le corps du chariot suit le mouvement du centre de gravité, et que les roues seules éprouvent un mouvement de rotation. On aura donc en nommant M la masse du chariot, et m celle des roues,

$$\left(\frac{de}{dt}\right)^2\left(M+m+\frac{m\,k^2}{\rho^2}\right)=2\,(M+m)\,g\,e\,\sin.\,i,$$

ou en multipliant par g les deux membres de cette équation, ce qui revient à remplacer les masses M, m par les poids correspondans P, p, et en substituant au terme

$$\left(1+\frac{k^2}{\rho^2}\right)\text{ sa valeur }\frac{\delta}{\rho},$$

$$(3)\quad \left(\frac{de}{dt}\right)^2\left(P+p\,\frac{\delta}{\rho}\right)=2\,(P+p)\,g\,e\,\sin.\,i,$$

Au sommet du plan incliné est établie une poulie horizontale WW, sur laquelle s'enroule la corde DD'E'E, qui transmet aux chariots montans l'effort exercé par les chariots descendans. Cette poulie est ordinairement en fonte ; elle a environ 6 pieds (1m.83) de diamètre, et porte six rayons. Elle est placée dans un trou carré, dont les parois, revêtues en maçonnerie, s'élèvent à peu près au niveau du chemin. Son axe

---

Si l'on veut tenir compte de la résistance due aux frottemens, on verra facilement qu'en nommant f le rapport du frottement à la pression sur l'essieu de la roue $.f'$ la valeur de ce rapport pour le frottement de la roue sur le rail, n le rapport entre le diamètre de l'essieu et celui de la roue, la valeur de cette résistance sera représentée par $f'\,(P+p) + f\,n\,P$. On aura donc, en posant $f'\,(P+p) + f\,n\,P = F$,

$$(4)\qquad \left(\frac{de}{dt}\right)^2 \left(P + p\,\frac{\delta}{\rho}\right) = 2\left[(P+p)\sin.\,i - F\right] g\,e.$$

On tire de là, en posant $\frac{g}{2} = r$,

$$(5)\qquad e = \frac{(P+p)\sin.\,i - F.}{P + p\,\frac{\delta}{\rho}}\, r\,t^2 \text{ ; d'où}$$

$$(6)\qquad F = (P+p)\sin.\,i - \frac{\left(P + p\,\frac{\delta}{\rho}\right) e}{r\,t^2}$$

Il nous reste à appliquer les formules précédentes au mouvement des chariots sur les plans inclinés.

Supposons d'abord qu'un convoi descendant fasse remonter un convoi ascendant, au moyen d'une corde enroulée sur la gorge d'une poulie.

Soit P le poids des chariots descendans, p le poids de leurs roues, F, la résistance due aux frottemens.

P', p', F', les quantités analogues pour les chariots montans.

φ, la résistance due au frottement de la poulie, de la corde de renvoi, et des rouleaux placés le long du plan incliné.

π le poids de la corde.

π_1 le moment d'inertie de la poulie divisé par le carré de son rayon, c'est-à-dire la valeur de $g\,\frac{\int \rho_1^2\,dm}{\rho^2}$, expression qui représente le poids du corps transporté à sa circonférence.

π_2 le poids des rouleaux également transporté à leur circonférence. Ces rouleaux, pouvant être considérés comme des cylindres pleins et homogènes, la valeur de π_2 est égale à la moitié de leur poids total Π_2 ; car, pour un cylindre plein on a

$$\int \rho_1^2\,dm = \tfrac{1}{2}\,M\,\rho^2.$$

Enfin supposons que $\delta.\ \rho.\ i$, conservent les mêmes valeurs que dans les calculs précédens.

Nous aurons, en vertu du principe des forces vives,

$$(7)\qquad \left(\frac{de}{dt}\right)^2 \left(P+P'+(p+p')\frac{\delta}{\rho}+\pi+\pi_1+\pi_2\right) = 2\left[(P+p-P'-p')\sin.\,i - F - F' - \varphi\right] g e.$$

D'où nous tirons

$$e = \frac{(P+p-P'-p')\sin.\,i - F - F' - \varphi}{P+P'+(p+p')\frac{\delta}{\rho}+\pi+\pi_1+\pi_2}\, r t^2 \text{ et}$$

$$(8)\qquad F+F'+\varphi = (P+p-P'-p')\sin.\,i - \frac{\left[P+P'+(p+p')\frac{\delta}{\rho}+\pi+\pi_1+\pi_2\right] e}{r\,t^2}.$$

Considérons maintenant le cas où la manœuvre est effectuée par une machine fixe placée au sommet du plan incliné.

1° Lorsqu'un convoi descend par son propre poids en traînant à sa suite la corde de remorque, on a l'équation

$$(9)\qquad \left(\frac{de}{dt}\right)^2 \left[P + p\,\frac{\delta}{\rho} + \pi + \pi_1 + \pi_2\right] = 2\left[\left(P+p+\frac{1}{2}\pi\right)\sin.\,i - F - \varphi\right] g e.$$

D'où l'on tire en intégrant,

$$e = \frac{\left[\left(P+p+\frac{1}{2}\pi\right)\sin.\,i - F - \varphi.\right] r\,t^2}{P+p\,\frac{\delta}{\rho}+\pi+\pi+\pi} \text{ et}$$

$$(10)\qquad F+\varphi = \left(P+p+\frac{1}{2}\pi\right)\sin.\,i - \frac{\left(P+p\,\frac{\delta}{\rho}+\pi+\pi_1+\pi_2\right) e}{r\,t^2}$$

Lorsque le mouvement a lieu en sens contraire, c'est-à-dire lorsque la machine remorque vers le sommet du plan un convoi ascendant, on a l'équation

$$(11)\qquad \left(\frac{de}{dt}\right)^2 \left(P'+p'\,\frac{\delta}{\rho}+\pi+\pi_1+\pi_2\right) = 2\left[Q - \left(P'+p'+\frac{1}{2}\pi\right)\sin.\,i - F' - \varphi\right] g e,$$

tourne dans des crapaudines qui s'appuient contre deux cadres en charpente, placés l'un au-dessus et l'autre au-dessous de la poulie. Le cadre supérieur est représenté en *abcd*; il est recouvert, ainsi que tout l'appareil, par une plate-forme sur laquelle sont fixés les rails du chemin de fer. La direction de ces rails est indiquée dans la figure par des lignes ponctuées.

On réserve au sommet du plan un espace à peu près horizontal, dont la longueur varie entre 20 et 30 yards (18m.30 et 27m.45) suivant le nombre de chariots qui doivent former le convoi. Cet espace est destiné au stationnement, soit des chariots pleins qui attendent le moment de la descente, soit des chariots vides qui viennent de monter. C'est à l'extrémité de cette gare qu'est placée la poulie horizontale sur laquelle est enroulée la corde de remorque.

Sur toute la longueur du plan et de la gare sont établis de petits rouleaux ou poulies espacés de 8 à 10 yards (7m.32 à 9m.15). Ces rouleaux, représentés en *s s s*, empêchent la corde de s'user par son frottement contre le sol, et diminuent en même temps la résistance. Leur surface est quelquefois cylindrique, et garnie de rebords destinés à maintenir la corde; leur largeur, dans ce cas, est de 3 à 4 pouces (0m.076 à 0m.102), leur diamètre de 11 à 12 pouces (0m.279 à 0m.305), et leur poids de 21 à 25 livres (9kil.51 à 11kil.33). Quelquefois aussi la gorge de la poulie est concave; son poids est alors d'environ 20 livres (9kil.06), et son diamètre de 12 pouces (0m.305). Ces poulies sont établies sur des supports en bois ou en fonte; leurs tourillons sont en fer malléable, et ont un diamètre d'environ $\frac{3}{4}$ de pouce (0m.019) (1).

Depuis le sommet jusque vers le milieu du plan incliné, sont établis trois cours de rails *r r r*, disposés de telle sorte que les convois montans et descendans passent chacun sur le rail du milieu et sur l'un des rails extérieurs. Au point où les deux convois doivent se rencontrer, le rail du milieu se subdivise en deux autres, comme on l'a figuré en BB, B'B', de manière à former deux voies distinctes. Ces deux voies règnent sur une longueur suffisante pour permettre aux chariots de se croiser. Les quatre rails convergent ensuite en CC' pour ne plus former qu'une seule voie jusqu'au bas du plan. En

dans laquelle Q représente l'effort exercé par la machine; et l'on en tire

$$(12)\qquad Q=\left(P'+p'+\frac{1}{2}\pi\right)\sin. i+F'+\varphi+\frac{\left(P'+p'\frac{\delta}{\rho}+\pi+\pi_1+\pi_2\right)e}{r t^2}$$

2° Si la manœuvre s'effectue à l'aide d'une corde de communication attachée d'une part à la tête du convoi descendant, et de l'autre à la queue du convoi montant, la force déployée par la machine est donnée par l'équation

$$(13)\ Q=F+F'+\varphi+(P'+p')\sin. i-(P+p)\sin. i+\frac{\left(P+p\frac{\delta}{\rho}+P'+p'\frac{\delta}{\rho}+\pi+\pi_1+\pi_2\right)e}{r t^2}$$

Dans le cas où le plan est horizontal, on a $\sin. i = o$; et l'équation précédente devient

$$(14)\qquad Q=F+F'+\varphi+\frac{\left(P+p\frac{\delta}{\rho}+P'+p'\frac{\delta}{\rho}+\pi+\pi_1+\pi_2\right)e}{r t^2}$$

3°. Lorsque la route est formée de deux plans inclinés placés sur les deux versans d'un coteau et manœuvrés par une seule machine, on a, pour déterminer le mouvement, les formules (9), (10), (11), (12), si la manœuvre ne s'effectue que sur l'un des plans à la fois.

Dans le cas où un convoi est remorqué sur l'un des plans, tandis qu'un autre convoi descend sur le plan opposé, l'effort exercé par la machine est donné par l'équation (13), dans laquelle il faut remplacer $(P'+p')\sin. i$ par $(P'+p')\sin. i'$, en désignant par i' l'inclinaison du plan que parcourt le convoi montant : on a ainsi

$$(15)\ Q=F+F'+\varphi+(P'+p')\sin. i'-(P+p)\sin. i+\frac{\left(P+p\frac{\delta}{\rho}+P'+p'\frac{\delta}{\rho}+\pi+{}_1\pi+\pi_2\right)e}{r t^2}$$

4°. Enfin, si l'on considère une ligne de chemin de fer manœuvrée par un système de machines fixes, l'équation du mouvement est donnée par la formule (14) dans le cas où la route est horizontale; et par la formule (13), dans le cas où elle est inclinée.

Les diverses équations que nous venons d'établir ne peuvent être utiles dans la pratique, qu'autant que l'on aura déterminé d'avance la valeur des coefficiens constans qu'elles renferment. Nous exposerons dans les chapitres suivans les expériences qui ont été entreprises dans ce but, et nous ferons connaître les résultats auxquels elles ont conduit.

(1) Nous ajoutons dans la pl. IX les modèles des poulies en fonte avec supports en bois employées sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester, ainsi que le modèle d'un support en fonte employé aux environs de New-Castle. (*Note des trad.*)

ce point, comme au sommet, est placée une gare destinée au stationnement des convois montans et descendans.

Les plans inclinés, employés sur les canaux, présentent généralement deux voies séparées sur toute leur étendue, et ce mode est aussi adopté sur plusieurs chemins de fer. Mais on peut facilement juger que le système, que nous venons de décrire, remplit absolument le même but, dans le plus grand nombre de cas. Il est vrai que, lorsque le plan incliné est très-court, la direction oblique des chariots, au passage d'une voie double sur une voie simple, produit une augmentation notable dans la résistance; mais sur des plans inclinés d'une grande étendue cet inconvénient n'est pas sensible, tandis que l'établissement d'une double voie, sur toute la longueur du plan, augmenterait beaucoup la dépense première.

Lorsque l'inclinaison du plan est trop considérable, on règle le mouvement de la roue horizontale au moyen d'un frein, et l'on fait agir en même temps, si cela est nécessaire, ceux qui sont adaptés aux chariots. On voit facilement que l'action retardatrice de ce frein ne peut en aucun cas surpasser la valeur de la résistance due au frottement de la corde sur la demi-circonférence de la roue. Il est clair en effet que, si la différence de poids des deux convois était assez grande, non-seulement pour surmonter toutes les forces qui s'opposent au mouvement, mais encore pour vaincre ce frottement, la corde pourrait glisser sur la gorge de la poulie, lors même que cette dernière serait complètement arrêtée. Cet effet peut dans certains cas devenir dangereux, et il est important de régler l'inclinaison des plans automoteurs, de manière à le rendre impossible.

On emploie quelquefois, pour des pentes rapides, deux tambours horizontaux semblables à ceux qui sont représentés en A, B (fig. 2, pl. X). Ces tambours, fixés sur le même axe, portent deux cordes que l'on attache, l'une au convoi montant, l'autre au convoi descendant, et dont la première s'enroule tandis que la seconde se déroule. Cette disposition permet de donner à l'action du frein toute la puissance nécessaire; car alors les cordes, se trouvant fixées aux tambours, ne peuvent se mouvoir indépendamment de ces derniers (1).

Dans certains cas on emploie des trains de chariots chargés de métal pour ramener au bas du plan la corde qui a servi à remorquer les chariots vides, et remonter en même temps celle qui était fixée au convoi descendant. Cette manœuvre a pour but de faire passer constamment les chariots montans et descendans, chacun sur leur voie respective; mais il nous semble qu'elle ne peut présenter aucun avantage réel, à moins de circontances très-particulières.

La disposition du plan automoteur que nous venons de décrire (fig. 1, pl. IX) exige, comme on l'a vu, que les chariots passent successivement d'un système de voie sur un autre. Ces changemens de voie s'opèrent sans aucune manœuvre et d'une manière très-simple. Lorsqu'il s'agit de passer de deux voies réunies AA dans deux voies séparées BB, B'B', ou de ces dernières dans une voie simple CC', les chariots prennent d'eux-mêmes la direction convenable, comme il est facile de le voir à l'inspection de la figure. Quant au passage de la voie simple CC' dans la double voie BB, B'B', il s'effectue à l'aide d'aiguilles semblables à celles que nous avons décrites dans le second chapitre; ces aiguilles ferment l'entrée de la voie que l'on veut éviter, et forcent en même temps les roues à entrer dans celle qui leur est destinée. Supposons, par exemple, qu'un convoi soit descendu suivant DD'; l'aiguille *f* se trouvera, après son passage, séparée du rail C, et l'aiguille opposée *f'* s'appuiera contre le rail C'. D'après cette disposition, le premier convoi, qui sera nécessairement un convoi ascendant, se trouvera forcé de suivre la voie D'D, sur laquelle il doit en effet passer. Le convoi descendant, qui passera en même temps sur la voie EE', placera les aiguilles dans la position indiquée par des points ronds; et cette position est celle qui est nécessaire pour diriger les chariots suivans dans la voie E'E qu'ils doivent suivre.

De tous les systèmes proposés jusqu'à ce jour pour utiliser la force de la pesanteur, celui qui est représenté, fig. 1, pl. IX, nous semble le plus convenable. Il offre l'avantage de diminuer le frottement, qui est le plus grand obstacle à l'adoption des plans automoteurs; en même temps il se distingue

(1) Le premier plan incliné automoteur des environs de New-Castle sur Tyne, fut construit par feu M. Barnes. Les chariots descendans élevaient dans un puits, pratiqué au sommet du plan, un contre-poids qui, en redescendant, faisait monter les chariots vides. (*Note de l'auteur.*)

par la simplicité de la construction de la roue, et par la disposition heureuse de l'appareil, qui se trouve placé à l'abri des intempéries de l'air et de toute espèce de dégradation. Nous devons ajouter qu'il a été généralement adopté dans les environs de New-Castle, où l'on a essayé successivement tous les moyens de diminuer autant que possible les frais de transport.

3°. *Machines fixes.*

Lorsque les pentes de la route ne sont pas toutes dirigées dans le même sens, ou lorsque la masse des marchandises descendantes n'est pas suffisante pour opérer la remonte de celles qui marchent en sens contraire, les plans automoteurs, comme nous l'avons déjà vu, sont entièrement inapplicables. On est alors forcé de recourir à l'emploi des machines fixes. Ce système a été mis en usage, pour la première fois, en 1808, par M. Cooke, qui établit à Birtley-Fell, dans le comté de Durham, une machine à vapeur destinée à remonter les chariots de la houillère d'Urpeth, sur une pente rapide que l'on rencontre près de la route à barrières de New-Castle à Durham. Ces machines ont été fort employées, depuis cette époque, dans les environs de New-Castle.

Quelquefois, lorsque les pentes sont faibles et les transports peu considérables, on peut, au lieu de machines à vapeur, employer avec avantage la force des chevaux et même celle des hommes. Le quatrième volume des *Transactions of highland society* fournit des renseignemens utiles sur ce point. Mais nous ne considérerons ici que les systèmes applicables à des lignes étendues, où les transports sont nombreux et la vitesse considérable; et nous supposerons toujours que l'on emploie pour moteur, soit une machine à vapeur, soit une roue hydraulique.

Dans l'un et l'autre de ces deux cas, l'axe de la machine porte à son extrémité une roue dentée *f* qui communique le mouvement aux tambours A et B, par l'intermédiaire des deux roues *g* et *h* (fig. 2, pl. IX). Les deux leviers d'embrayage *i i* permettent d'engrener ou de désengrener à volonté les dents *k*, *k*, et par suite d'établir ou d'interrompre la communication entre les tambours et la machine. Des dents semblables à *k* sont placées intérieurement, vers l'autre extrémité du cylindre, afin de régulariser le mouvement de rotation, lorsque l'appareil fonctionne.

Quant à la manœuvre du plan, elle s'effectue de différentes manières, suivant la disposition de la route et son degré d'inclinaison. Nous allons examiner les divers cas qui peuvent se présenter.

1° Lorsque la pente est suffisante pour permettre aux chariots descendans de traîner à leur suite la corde qui doit remorquer les chariots ascendans, et que le mouvement commercial n'exige qu'une voie simple, on adopte le système représenté fig. 1, pl. X; c'est-à-dire, on n'emploie qu'un seul tambour A et une seule corde *r r* soutenue par des poulies semblables à celles qui sont représentées en *s s*, pl. IX. Le tambour est élevé au-dessus des rails, de manière à livrer passage aux chariots. Dans le cas où il ne serait pas possible de lui donner une hauteur suffisante, on infléchirait la route, et on la ferait passer à côté du bâtiment qui contient la machine.

Supposons qu'un convoi de chariots montans soit placé en *a*; on met le tambour A en communication avec la machine, au moyen du mécanisme que nous avons décrit plus haut; et les chariots sont remorqués par la corde *r r* jusqu'au sommet B du plan. De là ils passent dans la voie horizontale *b*, où ils s'arrêtent jusqu'à ce que la corde soit détachée. Quant aux convois descendans, ils entrent d'abord dans la voie latérale *c*, qui est légèrement inclinée du côté du plan, et où ils sont maintenus au moyen d'un arrêt. Après avoir attaché la corde à la queue du convoi, on désengrène le tambour et on enlève l'arrêt. Les chariots descendent alors jusqu'à la plate-forme horizontale *d* en traînant la corde à leur suite. Là on la détache pour la fixer à la tête d'un convoi ascendant stationné en *a*; on met de nouveau le tambour en communication avec la machine, et l'on recommence la même manœuvre.

Lorsqu'une voie simple est insuffisante, on peut établir une double voie sur toute la longueur du plan, ou bien adopter la disposition que nous avons décrite en traitant des plans automoteurs. Le premier de ces systèmes n'a besoin d'aucune explication; le second est représenté fig. 2, pl. X. Les deux tambours A, B, sont placés chacun en face de la voie qu'ils sont destinés à manœuvrer, de manière à ce que les cordes de remorque suivent le milieu de la route. L'axe de ces tambours est invariablement fixé à celui de la machine.

Dans le cas où le poids des chariots

descendans est à peu près suffisant pour remonter les chariots ascendans, on peut se servir d'une simple roue, analogue à celle qui est en usage sur les plans automoteurs (fig. 1, pl. IX). Cette roue, placée soit horizontalement soit verticalement, est mue par la machine, et agit à la fois sur les convois montans et descendans, au moyen d'une corde de renvoi qui s'enroule sur sa gorge.

Ce système serait inapplicable, si la résistance opposée par les chariots montans surpassait le frottement de la corde sur la circonférence de la roue; car alors celle-ci tournerait sans faire mouvoir la corde, et par conséquent sans remonter la charge. Mais on peut, jusqu'à un certain point, surmonter cette difficulté, en faisant passer la corde sur deux poulies de renvoi qui l'obligent à embrasser presque toute la circonférence de la roue (fig. 3, pl. IX), et qui augmentent ainsi d'une manière notable sa force d'adhérence.

Le genre de plan que nous venons de décrire, s'emploie principalement lorsque le mouvement commercial est plus considérable en descente qu'en remonte, et lorsque les transports peuvent s'effectuer d'une manière régulière, et sans exiger une grande vitesse. Il est nécessaire aussi que les convois se présentent alternativement, et en nombre égal, à la descente et à la remonte, puisque la corde qui sert à remorquer les chariots montans est amenée au bas du plan par les chariots descendans. Si le nombre des convois en descente est trop faible, on peut établir des machines assez puissantes pour remorquer à la fois un grand nombre de chariots ascendans, ou bien employer, comme nous l'avons déjà dit, des chariots chargés de matières lourdes pour descendre la corde au bas du plan. Mais ces moyens extraordinaires fatiguent beaucoup les cordes et doivent être rarement mis en usage.

2° Lorsque l'inclinaison du plan n'est pas assez grande pour que les chariots descendans puissent traîner la corde à leur suite, on emploie le système représenté fig. 3, pl. X.

Deux tambours A, B, sont placés au sommet du plan, et à son extrémité inférieure est établie une roue horizontale C, située au-dessous du niveau de la route, et entièrement semblable à celle des plans automoteurs. La manœuvre s'opère au moyen de trois cordes d'une longueur égale à celle du plan; la première *a a* est fixée par une de ses extrémités au tambour A; la seconde *b b* au tambour B; la troisième *c c*, que nous appellerons corde de communication, passe autour de la roue C, et est attachée d'une part au convoi D, de l'autre au convoi E. Supposons maintenant que le tambour A soit en communication avec la machine, et que le tambour B soit libre, la corde *a a* s'enroulera autour du tambour A, et tirera le convoi D vers le sommet du plan, tandis que la corde de communication *c c* fera descendre le convoi E, en déroulant la corde *b b* de dessus le tambour B. Lorsque les convois D et E seront arrivés, le premier au sommet, le second au bas du plan incliné, ils entreront dans des voies latérales, où les cordes seront détachées. Quant aux convois suivans, ils parcourront, pour remonter le plan, la voie E, et, pour descendre, la voie D. La manœuvre, du reste, sera entièrement semblable.

Ce système de remorque n'est pas seulement applicable à un plan isolé; on peut évidemment à l'aide d'une série d'appareils de ce genre, faire parcourir aux chariots une distance quelconque, ainsi qu'il est facile de le voir fig. 4, pl. X.

Supposons, par exemple, que le tambour A remorque le convoi *a* dans la direction *a* A; la corde de communication, enroulée sur la poulie, tirera en même temps le convoi *b* en sens inverse. Parvenu en *e*, ce dernier trouve l'aiguille disposée de manière à le faire passer dans la voie *f*, où il s'arrête. Pendant ce temps, le tambour E attire le convoi *c*, et la corde de communication enroulée sur la poulie D, fait marcher le convoi *d* en sens inverse; au moment où le premier arrive près de la machine E, le second s'arrête en *g*. Ainsi les convois *b* et *d* parviennent à la fois en *f* et en *g*. A partir de ces points, ils continuent leur marche au moyen d'une manœuvre semblable.

Sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester, M. Stephenson emploie une corde sans fin, pour remorquer les chariots dans le grand souterrain (fig. 5, pl. X). Le plan est à double voie sur toute son étendue. A sa partie inférieure, est placée une roue B, semblable à la roue C représentée fig. 3, sur laquelle passe la corde *e*, *f*. Au sommet du plan est établie une poulie horizontale à double gorge A, qui est mise en mouvement par des machines placées de chaque côté du chemin. La corde *e f* s'enroule d'abord autour de la poulie A, passe ensuite sur les roues *a* et *b*, puis revient sur la roue *a*, d'où elle se rend en croisant sa première

direction, sur la seconde gorge de la poulie A ; enfin elle se fixe au convoi *f*, et va s'enrouler autour de la poulie B. A l'aide de cette disposition, on obtient une force d'adhérence suffisante pour surmonter la résistance des chariots. On augmente d'ailleurs la pression de la corde contre les poulies, en fixant un poids considérable à la roue *b*, au moyen d'une corde qui passe sur une petite poulie *c;* ce poids peut monter et descendre librement dans un puits *d* disposé à cet effet (1). On remarquera que sur ce genre de plan les chariots montans passent constamment sur la même voie, et les chariots descendans sur l'autre, sans qu'il soit besoin pour cela d'aucune manœuvre particulière.

3° Lorsque la route doit franchir une colline qui présente deux versans opposés, et dont l'inclinaison est assez forte pour permettre aux chariots descendans de traîner la corde à leur suite, on emploie avec avantage le système indiqué fig. 6, pl. X. Au-dessous du tambour A, le chemin se compose de quatre rails formant deux voies *a b*, *c d*, dont les pentes sont disposées en sens inverse : la première est inclinée de *a b* en *c d*, et la seconde de *c d* en *a b*. Le tambour étant supposé en communication avec la machine, le convoi montant *f* est remorqué vers le sommet du plan. Lorsqu'il est parvenu en *a b*, on détache la corde de remonte ; et les chariots descendent par leur propre poids vers l'extrémité *c d* de la gare. En même temps on désengrène le tambour A, et l'on attache la corde à l'arrière du convoi, qui l'entraîne à sa suite jusqu'au bas du plan E. Cette corde sert à remonter les convois marchant en sens contraire, pour lesquels du reste on répète entièrement la même manœuvre.

Si la masse des transports est considérable, on établit au-dessous de la machine deux voies séparées (fig. 7, pl. X), et l'on emploie deux tambours qui permettent de faire monter un convoi sur l'un des plans, tandis qu'un autre convoi descend sur le plan opposé. On peut encore, lorsque l'activité du mouvement commercial le rend nécessaire, établir sur toute l'étendue de chaque plan deux voies distinctes, manœuvrées chacune au moyen de deux tambours, ainsi qu'on le voit fig. 2, pl. IX, et présentant au sommet de la colline la disposition de rails indiquée fig. 6, pl. X. Quelquefois aussi l'on se contente d'établir en ce point trois voies séparées, destinées, celle du milieu aux chariots vides, et les deux autres aux chariots chargés. Dans tous les cas, les deux plans fonctionnent à la fois, et les transports s'effectuent sans interruption.

Si l'inclinaison n'est pas assez forte pour que les convois descendans traînent la corde à leur suite, on peut employer, comme dans l'un des cas précédens, une roue horizontale avec une corde de communication. Les plans doivent alors être disposés, comme on le voit fig. 4, pl. X.

4° Il nous reste à considérer le cas où toute une ligne de chemin de fer est manœuvrée au moyen d'un système de machines fixes.

Si la route est à simple voie, on adopte la disposition indiquée fig. 7, pl. X. Le chemin est divisé en relais d'environ un mille et demi (2,413m.) de longueur ; et à l'extrémité de chaque relais est placée une machine agissant sur deux tambours, ainsi qu'on le voit représenté en A, B, C. La manœuvre s'effectue de la manière suivante : les cylindres *m*, *n*, étant supposés libres, et les cylindres *q*, *o*, en communication avec les machines, le cylindre *o* remorque le convoi D, en déroulant de dessus le tambour *m* la corde *g* attachée à la queue du convoi. Pendant ce temps, la machine C attire à elle le convoi E, ainsi que la corde *i*, enroulée sur le tambour *n;* et les convois D et E arrivent à la fois aux points B et C, où ils s'arrêtent. Supposons qu'en ces points stationnent des convois dirigés en sens inverse. On attache à leur tête les cordes *g* et *i*, et à leur queue les cordes *h* et *k;* on met les tambours *m* et *n* en communication avec les machines, puis on désengrène les tambours *o* et *q*. Les machines remorquent alors les nouveaux convois de C en B, et de B en A, et déroulent en même temps les cordes *h* et *k*, qui servent à leur tour à traîner les chariots marchant dans la première direction.

Lorsqu'un relais présente sur une partie de sa longueur une pente plus que suffisante pour permettre aux chariots de traîner la corde à leur suite, on laisse le tambour, sur lequel est enroulée la corde d'arrière, en communication avec la machine à vapeur. De cette sorte, l'excès de poids des convois descendans s'ajoute à la force de la machine, et l'aide à remorquer les chariots sur

(1) La poulie *b* repose sur des roulettes qui lui permettent de se mouvoir horizontalement.

(*Note des trad.*)

le relais précédent. Si cette inclinaison régnait sur toute la longueur du relais, on pourrait supprimer la corde de remorque.

La manœuvre que nous venons de décrire exige que les chariots, parvenus à l'extrémité d'un relais, attendent ceux qui marchent en sens contraire sur le relais voisin. Il résulte de là des retards considérables; et la vitesse moyenne des transports n'atteint généralement que la moitié de la vitesse effective avec laquelle les chariots parcourent chaque relais.

On peut, afin de diminuer ces retards, faire remorquer à la fois, par la même machine, deux convois marchant en sens contraire sur deux relais voisins. Dans ce cas, la manœuvre s'effectue de la manière suivante : la machine B attire à elle les convois D et E, qui arrivent en même temps en *c d* et en *a b*; là on détache les cordes, et les chariots, entraînés par leur propre poids, parcourent les petits plans inclinés *c d f* et *a b e*. On désengrène alors les tambours *o* et *n*; on attache la corde *g* à la tête du convoi E, et la corde *h* à la queue du même convoi; on fixe de même les cordes *i* et *k* aux deux extrémités du convoi D; enfin on met les tambours *q* et *m* en communication avec les machines. Les deux convois D et E sont alors remorqués vers les points C, A, où ils arrivent en même temps. La disposition que nous indiquons ici n'est cependant pas sans inconvénient. En effet, elle ne permet en aucun cas d'utiliser l'excédant de poids des chariots descendans, pour aider à la remonte de ceux qui suivent une direction opposée, et de plus, les machines puissantes, qui deviennent nécessaires pour remorquer deux convois à la fois, restent inactives dès que ces convois s'éloignent d'elles pour continuer leur marche.

Lorsque l'activité du mouvement commercial nécessite l'établissement d'une voie double, on adopte la disposition représentée fig. 8, pl. X. On place à chaque station A, B, C, des machines à vapeur, munies chacune de quatre tambours, ainsi que des doubles voies diagonales destinées au croisement des chariots. Les tambours de la machine B n'ont pas été figurés, afin de permettre de suivre la marche des convois. La manœuvre s'opère ainsi qu'il suit : la machine B attire à elle le convoi D, en déroulant une corde d'arrière placée sur le tambour *c* de la machine A. En même temps, le convoi G est remorqué sur le relais voisin par la machine B, et à la queue de ce convoi est attachée une corde d'arrière enroulée sur le tambour *k*. Les convois D et G arrivent ainsi en *g* et *e*. Là, les cordes de remorque sont détachées et les chariots descendent d'eux-mêmes vers les points *p* et *o*, où ils s'arrêtent. On attache alors à la tête du convoi D la corde d'arrière de G, et, à la tête de ce dernier, celle de D; et ces deux convois, après avoir traversé les lignes diagonales *p q*, *o n*, sont remorqués par les machines C et A. La marche des convois E et F s'opère au moyen d'une manœuvre semblable.

Le changement de voie des chariots, à chaque station, présente des inconvéniens que l'on éviterait sans doute en employant, avec quelques modifications, la corde sans fin de M. Stephenson; mais, malgré cette difficulté, la marche des transports est constante, et n'est retardée que par la manœuvre nécessaire à chaque relais. L'emploi des machines fixes permet, comme on le voit, d'effectuer les transports sur une ligne d'une longueur indéfinie, quelles que soient d'ailleurs les ondulations qu'elle présente. Mais on doit observer que, dans ce système, le retard éprouvé par les convois à l'une des machines se ferait sentir sur la ligne entière du chemin de fer; et qu'ainsi son application suppose que le mouvement commercial soit régulier et continu dans les deux sens.

4° *Machines à vapeur locomotives.*

L'idée d'appliquer la vapeur au mouvement des voitures à roues remonte à une époque assez reculée. Dans une note jointe à la dernière édition d'un ouvrage du docteur Robinson, intitulé *Mechanical philosophy,* Watt annonce que dès l'année 1759, cette idée fut émise par ce savant, qui étudiait alors à l'université de Glascow. Watt lui-même, après avoir fait quelques expériences sur la force expansive de la vapeur, donna, en 1784, la description d'une machine fondée sur ce principe, et indiqua en même temps les moyens d'appliquer ce système au mouvement des voitures; mais ses projets n'eurent alors aucune suite.

Pendant long-temps encore, les savans, préoccupés du perfectionnement des machines à condenseur, ne songèrent nullement à l'emploi exclusif de la force élastique de la vapeur, système qui seul pouvait permettre la construction de machines locomotives. M. Hornblower, il est vrai, imagina de faire agir la vapeur par condensation et par ex-

pansion à la fois; mais ce sont MM. Trevithick et Vivian qui les premiers construisirent une machine à haute pression, agissant uniquement au moyen de sa force élastique. Ils obtinrent, en mars 1802, un brevet d'invention pour l'emploi de ce genre de moteur sur les chemins de fer, et donnèrent en même temps le dessin d'une machine locomotive applicable sur les routes ordinaires. (Voyez *Repertory of arts*, 2d *series*, vol. 4, pag. 241).

Leur voiture présente la forme des diligences ordinaires : derrière les grandes roues est placée une caisse carrée en fer, contenant la chaudière et le cylindre; cette caisse est fixée sur un châssis supporté par les essieux. Le cylindre est placé horizontalement et dans la direction de l'axe de la route; la tige du piston porte à son extrémité une bielle, qui imprime un mouvement de rotation à un axe coudé, placé horizontalement à la hauteur du centre du cylindre. Cet axe traverse le châssis de la voiture, et fait tourner, au moyen d'un engrenage, l'essieu des roues de derrière. A l'extrémité de l'essieu est fixé un volant destiné à rendre le mouvement continu. Les roues de devant ont la forme ordinaire; elles peuvent tourner sous divers angles et diriger ainsi la marche de la voiture. Lorsque la route présente des coudes brusques, qui exigent des changemens de direction subits, on peut désengrener les roues dentées de l'un ou de l'autre côté; et la roue du côté opposé, agissant seule sur la voiture, la force à prendre la direction convenable. Un frein est appliqué sur la circonférence du volant, afin de modérer la vitesse dans les descentes rapides. Tous les détails de cette machine sont combinés d'une manière fort ingénieuse. Cependant on éleva de nombreuses objections contre son emploi sur les routes à barrières; et les inventeurs, modifiant leurs premiers projets, ne songèrent plus qu'à l'appliquer sur les chemins de fer.

Deux ans plus tard, M. Trevithick construisit, à Soud-Wales, une machine qui fut essayée sur le chemin de fer de Merthyr-Tydvil. Le cylindre avait 8 pouces (0m,203) de diamètre, et la course du piston était de 4 pieds 6 pouces (1m,37). La machine remorqua le nombre de chariots nécessaires pour porter dix tonneaux (10,150 kil.) de fer en barres, et parcourut une distance de neuf milles (14,481m.) avec une vitesse de cinq milles (8,046m.) à l'heure, sans renouveler l'eau contenue dans la chaudière au moment du départ. Comme on n'indique nullement le degré d'inclinaison du chemin de fer, nous ne pouvons pas apprécier exactement l'effet utile de la machine. Il paraît du reste, d'après les renseignemens que nous avons pu obtenir, qu'elle n'avait qu'un seul cylindre, et qu'elle différait peu, si ce n'est par la forme de la voiture, de celle que nous avons décrite plus haut.

Le principal obstacle à l'adoption de ce genre de machines fut l'opinion, alors généralement admise, que l'adhérence des roues sur les rails était trop faible pour permettre leur locomotion. MM. Trevithick et Vivian recommandent en effet dans leur patente de ménager sur les jantes des roues quelques aspérités, comme des clous saillans ou des rainures transversales, et même, lorsque la résistance est considérable, de placer sur le contour des roues une cheville ou une griffe qui ait prise sur le sol. Cette disposition, en remédiant à un inconvénient, devait évidemment en produire un autre. Il est clair, en effet, que toutes ces saillies nuisaient à la marche de la machine, en augmentant considérablement la résistance, et qu'elles tendaient de plus à détruire les rails.

M. Blenkinsop, des houillères de Middleton, près de Leeds, imagina, pour éviter cette imperfection, d'établir sur toute l'étendue de la route, des rails dentés engrenant avec des roues mues par la machine. Cet appareil, pour lequel il prit, en 1811, un brevet d'invention, est indiqué fig. 2, pl. XI. L'un des rails *rr*, porte latéralement une crémaillère formée de dents demi-circulaires *h h*, de 2 ou 3 pouces de largeur (0m.05 ou 0m.07). Quant à la machine, elle offre la disposition suivante : la chaudière est cylindrique, et est chauffée par un tube qui la traverse dans toute son étendue. Les cylindres *a a* sont placés dans l'intérieur de la chaudière; la vapeur, après avoir agi sur les pistons, se dégage dans l'atmosphère par le tube S. Les bielles *b b* fixées aux tiges des pistons, font mouvoir les manivelles *c c*, et par suite les pignons *d d*, qui engrènent avec la roue dentée *e*. L'axe de cette dernière roue dépasse le train du chariot, et porte à son extrémité une grande roue dentée *f*, qui engrène avec la crémaillère. Plusieurs machines ont été construites sur ce modèle par M. Blenkinsop, et ont été employées jusqu'à ce jour pour le transport de la houille, sur le chemin de fer de Middleton à Leeds.

MM. William et Édouard Chapman obtinrent en 1812 un brevet pour un nouveau système de locomotion. Ils proposaient d'établir au milieu de la route, et sur toute son étendue, une chaine en fer soutenue à des intervalles de 8 ou 10 yards (7^m,32 ou 9^m,15) par des fourchettes verticales, et engrenant avec une roue dentée mue par la machine. Des rouleaux étaient disposés de manière à presser la chaine contre les dents de la roue, et à l'empêcher de glisser. Cet appareil, qui fut essayé sur le chemin de fer de Heaton, près de Newcastle, ne tarda pas à être abandonné à cause de ses fréquens dérangemens et des frottemens considérables produits par la chaine.

En 1813, M. Brunton, des usines à fer de Butterley, prit un brevet pour une machine locomotive qui offre des dispositions fort ingénieuses (fig. 3, pl. XI). La chaudière est cylindrique, comme celle de M. Blenkinsop, et traversée par un tube contenant le foyer. Le cylindre est placé horizontalement sur l'un des côtés de la chaudière. A l'extrémité *a* de la tige du piston sont fixés, d'une part, le bras de levier *a c*, dont le centre de rotation est en *c*, et de l'autre une tige de fer *a b*. Cette tige porte à son extrémité inférieure des pattes munies d'une articulation au point *b*, et armées de petites griffes qui leur permettent de prendre sur le sol un point d'appui solide. Sur le bras de levier *a c* est fixée en *m* une crémaillère *m n p*, qui glisse horizontalement sur le sommet de la chaudière, et qui engrène avec une roue dentée horizontale. De l'autre côté de cette roue, est placée une crémaillère semblable à *m n p*, dont l'extrémité est fixée au point *q* sur le bras de levier *d c*; ce dernier porte une tige *d e* entièrement semblable à *a b*. On voit, d'après cette disposition, que lorsque le piston pousse l'extrémité *a* de la tige *a b*, celle-ci, trouvant en *b* un point d'appui sur le sol, réagit sur le chariot et lui imprime un mouvement de translation. Pendant ce temps, la crémaillère *m* marchant dans la direction *p n m*, la crémaillère opposée *q* se meut en sens inverse, et par conséquent la tige *d e* se trouve ramenée vers la machine, tandis que la tige *a b* s'en éloigne. Il suit de là que, lorsque le piston est arrivé à l'extrémité de sa course, et que l'une des tiges cesse d'agir, l'autre tige est prête à servir à son tour de point d'appui à la machine, et qu'ainsi le mouvement de progression est continu. Les tiges *a b*, *d e*, au moment où elles reviennent vers la machine, sont retenues au-dessus du sol par des courroies ou des cordes fixées en *f*, *f*, et passant sur des poulies que la machine fait mouvoir au moyen d'un rochet. L'inventeur discute les diverses formes que l'on peut donner aux pattes des tiges de progression. Il a toujours pour principal but d'éviter la dégradation de la route, tout en obtenant un point d'appui solide.

Dans un article communiqué à l'éditeur du *Repertory of Arts*, vol. 24, M. Brunton indique le résultat d'une expérience faite avec une de ces machines. La chaudière était en fer forgé, et avait 5 pieds 6 pouces (1^m.677) de longueur, sur 3 pieds (0^m.915) de diamètre. Le pas de chaque tige de progression était de 26 pouces (0^m.66), et la course du piston de 24 pouces (0^m.61). Le poids total de la voiture s'élevait à 45 quintaux (2285^k.19). « La machine étant placée sur le chemin de fer, dit l'auteur, je cherchai d'abord à déterminer la force nécessaire pour la faire marcher avec une vitesse de 2 milles et demi (4023^m.) à 1 heure; je m'assurai que cette force était 84 livres (38^k.05). Je fixai ensuite à la partie postérieure de l'appareil une chaine qui faisait monter un poids avec une vitesse égale à celle de la machine; et je trouvai que, sous une pression de 40 à 45 livres (18^k.12 à 20^k.38) par pouce (0^m.025) carré, la machine parcourait un espace de 2 milles et demi (4023^m.) à l'heure, en élevant verticalement un poids de 812 livres (367^k.84); ce qui équivaut à un poids total de 896 livres (405^k.89) mû avec une vitesse de 2 milles et demi (4023^m.) à l'heure, c'est-à-dire à une force de 6 chevaux environ. »

Vers la même époque, M. Blackett fit faire un grand pas au système de la locomotion. Il détermina par expérience l'adhésion des roues sur les rails, et prouva qu'elle était suffisante pour permettre aux machines de se mouvoir sur des chemins de fer sensiblement de niveau ou d'une faible inclinaison. Il est vrai que le chemin sur lequel il fit ses expériences était formé de rails plats, lesquels offrent aux roues une plus grande adhérence que les rails saillans. Cependant, c'est réellement à M. Blackett qu'appartient l'honneur d'avoir annoncé le premier ce fait important, qui fut pleinement confirmé par l'emploi de machines locomotives sur le chemin de fer de Wylam (1).

(1) Le mouvement des machines locomotives sur les chemins de fer est évidemment dû à l'adhérence

La première machine employée sur ce chemin avait un seul cylindre, et était munie d'un volant destiné à régulariser le mouvement de la manivelle; mais cette disposition offrait des inconvéniens. En effet, lorsque la machine était arrêtée et que la manivelle se trouvait dans la même direction que la bielle, il était nécessaire, pour la mettre en mouvement, d'agir avec des leviers sur les rayons du volant, manœuvre difficile et qui entraînait de longs retards. De plus, le volant était loin de produire l'effet qu'on en attendait, et l'action intermittente du piston donnait lieu à des secousses qui tendaient à briser tout l'appareil.

Au commencement de l'année 1814, M. G. Stephenson construisit, aux houillères de Killingworth, une nouvelle machine locomotive, qui fut essayée sur le chemin de fer de ces usines le 25 juillet de la même année. Cette machine avait deux cylindres, disposition qui, en régularisant le mouvement, assurait la continuité de la marche. Chaque cylindre avait 8 pouces (0m.20) de diamètre, et 2 pieds (0m.61) de course. La chaudière était cylindrique; elle avait 8 pieds (2m.44) de longueur, et 34 pouces (0m.86) de diamètre. Elle était traversée par un tube de 20 pouces (0m.51) de diamètre, contenant le foyer.

On voit, fig. 4, pl. XI, le mécanisme destiné à transmettre aux roues le mouvement imprimé par la machine. Les bielles *a b*, *c d*, sont mues par la tige des pistons, et agissent sur les manivelles *b e*, *d f*, qui font tourner les deux pignons *e* et *f*. Les manivelles sont constamment perpendiculaires l'une à l'autre; elles sont maintenues dans cette position par une roue dentée *g*, qui engrène à la fois avec les deux pignons. Ces derniers engrènent en même temps avec les roues dentées *k k*, qui sont fixées sur les essieux du chariot et lui transmettent ainsi le mouvement des manivelles. Les petites roues *e*, *f*, *g*, ont chacune 12 pouces (0m.305) de diamètre, et les grandes roues *k*, *k*, 24 pouces (0m.610), de sorte que les manivelles font deux révolutions pendant que les roues du chariot en font une seule. La portion de chemin de fer sur laquelle cette machine fut essayée était à rails saillans, et offrait une inclinaison de $\frac{1}{450}$ environ. La machine remonta, outre son propre poids, huit chariots pesant ensemble 30 tonneaux environ (30469k.), avec une vitesse de 4 milles (6437m.) à l'heure. On avait d'abord cru nécessaire de placer sur les essieux des roues de derrière de la machine, et sur ceux de devant du chariot d'approvisionnement, des roues dentées, réunies par une chaîne sans fin, de manière à ce que l'adhérence des roues de ce dernier chariot s'ajoutât à celle des roues de la machine. Mais l'expérience prouva que cette complication était inutile, et que le frottement des roues de la machine seule était suffisant pour produire la locomotion.

Le mécanisme que nous venons de décrire donnait lieu à un bruit incommode et à de fréquentes secousses. En effet, tant que le bras de levier de la manivelle A était plus grand que celui de la manivelle B, la première conduisait la seconde au moyen des roues intermédiaires; le contraire avait lieu lorsque le second bras de levier devenait à son tour plus grand que le premier. La force motrice agissait ainsi alternativement sur

---

des roues sur les rails, et il est facile, à l'aide de cette considération, de déterminer la pente maximum, que peut remonter une machine locomotive en remorquant un convoi de chariots.

En effet, appelons, comme précédemment, f et f' les coefficiens du frottement, i l'inclinaison du plan, P le poids de la machine, p celui des roues; P' le poids des chariots remorqués, p' celui de leurs roues; il est clair que le convoi s'arrêtera lorsque la force nécessaire pour déterminer le mouvement sera égale au frottement produit par les roues tournant sur place.

La valeur de ce frottement est égale à

$$f(P+p) \cos. i.$$

Quant à l'effort nécessaire pour mettre le système en mouvement, il est égal à $(P+p+P') \sin. i + f'(P+p+P') + fn(P+P')$. Nous aurons donc, pour déterminer la pente maximum, l'équation

$$f(P+p)\cos. i = (P+p+P'+p')\sin. i + f'(P+p+P'+p') + fn(P+P').$$

Cette formule peut être simplifiée dans la pratique. On remarquera en effet que pour des pentes comprises entre les limites que nous considérons, la valeur de $\cos. i$ diffère peu de l'unité; et de plus, que les termes $f'(P+p+P'+p')$, $fn(P+P')$ qui représentent l'effort du tirage sur un chemin de niveau, peuvent être remplacés, sans erreur sensible, par un seul terme de la formule $f_1(P+p+P'+p)$, dans lequel f_1 représenterait le rapport constant du tirage à la charge. On aurait ainsi, en posant

$$P+p=\Pi_1 \quad P'l+p'=\Pi_2,$$

$$f\Pi=(\Pi+\Pi_1)(\sin. i+f_1).$$

D'où

$$\sin. i=\frac{f\Pi}{\Pi+\Pi_1}-f_1.$$

Nous aurons plus tard l'occasion de revenir sur cette formule, pour déterminer la valeur des coefficiens qu'elle renferme, et pour en déduire des résultats utiles dans la pratique.

l'un et l'autre côté des dents des roues de communication, et ce changement dans le sens de la pression donnait lieu à des chocs d'autant plus violens, que les dents étaient plus usées.

MM. Stephenson et Dodd cherchèrent à obvier à cet inconvénient, et obtinrent, en 1815, un brevet pour un mode de transmission de mouvement qui n'exigeait pas l'emploi de roues dentées. Leur système est représenté fig. 1, pl. XI. Les extrémités *a* des bielles *a*, *b*, sont fixées d'une part au balancier transversal *a a*, et de l'autre à l'un des rayons des roues. Les bielles du second cylindre présentent une disposition semblable. Les rayons des roues servent ainsi de manivelle, et transforment directement le mouvement alternatif du piston en un mouvement de rotation. On remarquera que les rayons formant manivelles sur les roues de devant et sur celles de derrière sont placés perpendiculairement les uns aux autres, ce qui assure la continuité du mouvement de la machine. Pour rendre cette position invariable, les inventeurs proposent, soit de couder les essieux et de les réunir par une tige de communication, soit d'employer une chaine sans fin engrenant avec des roues dentées fixées sur les essieux. Ce dernier mode, qui est représenté fig. 1, pl. XI, a été appliqué à un grand nombre de machines, et a remplacé généralement l'emploi des roues dentées pour la transmission du mouvement des bielles. Lorsque, par un long usage, la chaîne se trouve détendue, on peut, en éloignant l'un des essieux, lui rendre une tension convenable. On remet ensuite cet essieu dans sa position primitive, lorsque la chaine se trouve assez allongée pour qu'on puisse enlever un des anneaux. On a essayé, le 6 mai 1815, sur le chemin de fer de Killingworth, une machine construite sur ce modèle, et cette expérience a donné les meilleurs résultats.

M. Stephenson a encore introduit dans la construction des machines locomotives un nouveau perfectionnement qui se trouve décrit dans le brevet de MM. Losh et Stephenson, dont nous avons eu plusieurs fois déjà l'occasion de parler. Il consiste à faire porter le poids ou du moins une partie du poids de la machine sur des pistons qui se meuvent dans des cylindres communiquant avec la chaudière, et soumis par conséquent à la pression de la vapeur ou de l'eau.

Cette disposition est représentée fig. 1, pl. XI. Les cylindres sont fixés sur l'un des côtés de la chaudière, et pénètrent de quelques pouces dans son intérieur. Ils sont exactement fermés par des pistons entourés d'étoupe à la manière ordinaire. La partie supérieure des cylindres communique avec la chaudière; la partie inférieure est ouverte, et clouée sur le train du chariot. Les pistons portent des tiges qui traversent le châssis de la machine, et qui reportent sur la boîte d'essieu la pression exercée par la vapeur sur la partie supérieure des pistons. Si la surface de ces derniers est assez grande pour que la pression soit égale au poids de l'appareil, on voit que ce poids tout entier se trouvera soutenu par la vapeur comme par un ressort élastique. Cette disposition offre l'avantage de répartir également la charge sur les quatre roues du chariot, ou même sur six roues, dans le cas où l'on jugerait nécessaire de partager ainsi le poids de la machine.

Après avoir rappelé, comme nous venons de le faire, les perfectionnemens successifs introduits dans la construction des machines locomotives, nous devons indiquer le résultat de ces différens essais, en décrivant la machine actuellement en usage sur le chemin de fer de Killingworth. On voit, fig. 1 et 2, pl. XII, son élévation latérale et de face.

La chaudière est construite en fer forgé, et présente une forme cylindrique terminée par deux surfaces sphériques. Elle est traversée dans toute son étendue par un tube horizontal qui contient le foyer à sa partie antérieure, et qui se termine par une cheminée. La grille du foyer est placée un peu au-dessous de l'axe du tube, et a environ 4 pieds (1m. 22) de longueur; elle s'appuie à son extrémité sur une légère cloison de briques, qui ferme le cendrier. Les cylindres A A sont placés verticalement et pénètrent dans la chaudière; ils sont doublés intérieurement d'une feuille de cuivre; leur diamètre est de 9 pouces environ (0m. 228). Les tiges des pistons sont liées aux pièces transversales BB, CC, et sont guidées dans leur course par les coulisses *s s*, fixées d'une part en *c c* à la partie supérieure du cylindre, et maintenues de l'autre par les pièces horizontales *d d*. Les bielles B D, C D, sont attachées à l'extrémité des traverses BB, CC, et se lient, au moyen des tourillons DD, à l'un des rayons des roues de la machine. Les rayons, qui forment ainsi manivelles, sont renforcés par une pièce de fer circulaire qui les réunit aux rayons voisins.

Pour assurer la continuité du mouvement, on règle la marche des pistons de telle sorte que les deux manivelles soient toujours à angle droit. Ce résultat peut être obtenu, ainsi que nous l'avons dit plus haut, au moyen d'une chaine sans fin, engrenant avec deux roues dentées. Mais l'emploi de cette chaine présente des inconvéniens que l'on évite au moyen de la disposition suivante : le tourillon D, auquel est fixée la bielle B D, porte une pièce de fer circulaire D *f*, qui comprend un angle de 90°. Le point *f* obéit ainsi au même mouvement que le tourillon D de la bielle CD; et ces deux points peuvent être réunis par une tige *f g* D, qui, en établissant une communication constante entre les deux parties du système, maintient les pistons dans leur position relative.

Le mouvement alternatif des pistons est produit par le jeu d'un tiroir qui met successivement les parties inférieure et supérieure du cylindre en communication avec la chaudière et avec le tube de décharge *rr*. Ce dernier pénètre dans la cheminée, et produit ainsi un jet de vapeur qui accélère le courant d'air chaud. Le tiroir est mis en mouvement par un excentrique représenté fig. 5, pl. XI. Le cercle *d e* est libre sur l'essieu, et ne tourne que lorsque la cheville placée au bout du bras de levier *a b* arrive à l'extrémité *c* de la rainure circulaire *b c*. Le collier *f d g* communique alors le mouvement au bras de levier *f g h*, qui à son tour le transmet au moyen du levier coudé *i k l* et de la pièce *l m*, à la tige du tiroir.

Les roues sur lesquelles repose la machine ont 4 pieds (1^m. 22), de diamètre. Le moyeu et les rayons sont en fonte, et les jantes en fer forgé; on peut aussi, lorsque la vitesse doit être considérable, employer, comme l'a fait M. Stephenson, des rayons en bois, et des jantes également en bois recouvertes d'une bande de fer laminé. Les boites d'essieu sont en cuivre ou en fonte; elles ont 4 pouces (0^m. 10) de longueur, et enveloppent la moitié de la circonférence des essieux; elles glissent verticalement entre les guides *b b* et reposent sur des ressorts, par l'intermédiaire d'une tige fixée à leur partie supérieure et au centre de ces ressorts. Les essieux sont en fer forgé, et ont 3 pouces (0^m. 076) de diamètre; ils sont fixés dans le moyeu par des clefs en fer.

La chaudière est alimentée au moyen d'une pompe foulante P, qui est mise en mouvement par la tige *t*, fixée au balancier transversal de la machine; son diamètre est très-petit, afin que le jet d'eau froide ne puisse pas abaisser d'une manière notable la température de la vapeur, et s'opposer à son passage régulier dans les cylindres. On a soin, du reste, pour éviter la perte du calorique due au rayonnement, d'entourer la chaudière d'une cloison formée de planches étroites et minces. La provision d'eau et de combustible est placée sur un chariot attaché derrière la machine. Les dimensions de ce chariot dépendent évidemment de la distance comprise entre les lieux d'approvisionnement.

Nous terminerons ce chapitre par la description d'une des meilleures machines de M. Stephenson et Cie. Nous exposerons, plus tard, les perfectionnemens remarquables qui ont été le résultat du concours ouvert à Liverpool. La machine de M. Stephenson est représentée fig. 1 et 2, pl. XIII. La chaudière est cylindrique et longue de 7 pieds (2^m. 135). Elle est traversée sur toute sa longueur par 82 tubes en cuivre, de 1 pouce ½ (0^m. 038) de diamètre, établis depuis sa partie inférieure jusqu'à la hauteur de son centre. Le foyer est contenu dans une chambre dont la base est carrée, et dont la partie supérieure embrasse l'extrémité de la chaudière; il s'élève jusqu'à la hauteur de l'axe du cylindre, de telle sorte que la flamme et l'air chaud puissent traverser tous les bouilleurs. Entre les parois latérales du foyer et celle de la chambre est ménagé un intervalle de 2 pouces (0^m.051) de largeur, qui communique avec l'espace compris au-dessus du foyer. Celui-ci se trouve ainsi complètement environné d'eau. La grille est placée vers la partie inférieure de la chambre, près de l'ouverture qui donne entrée à l'air extérieur. Sa surface est de 7 pieds 4 pouces carrés, environ (0^m. 65), le foyer a 2 pieds (0^m. 61) de longueur, 3 pieds 8 pouces (1^m. 12) de largeur, et 2 pieds 10 pouces ½ (0^m. 88) de hauteur; en sorte que la surface chauffée est de 19 pieds carrés (1^m. 76). En ajoutant à cette surface celle des tubes de cuivre, qui est de 225 pieds carrés (20^m. 92), on voit qu'une superficie de 245 pieds carrés environ (22^m.) se trouve exposée à l'action de la flamme et de l'air chaud. A l'autre extrémité de la chaudière est placée une chambre semblable à celle que nous venons de décrire, et qui est surmontée par la cheminée. Cette chambre est remplie d'eau

jusqu'à la hauteur du centre des cylindres; elle reçoit les résidus de houille qui se trouvent entraînés dans les bouilleurs; ces résidus s'échappent à travers des espèces de contrevens en fer. La chaudière est alimentée par une pompe foulante, que la machine met en mouvement; la hauteur de l'eau, dans l'intérieur de la chaudière, est indiquée par de petits tubes en verre.

Les deux cylindres de la machine sont placés horizontalement dans l'intérieur de la seconde chambre. Les tiges des pistons sont maintenues dans leur position horizontale par les guides *e*, *e*. Elles communiquent un mouvement circulaire aux grandes roues de la machine, au moyen de bielles *f*, qui agissent sur deux manivelles portées par l'essieu; ces manivelles sont placées perpendiculairement l'une à l'autre. La machine repose sur des ressorts *s s*, qui répartissent également le poids sur les quatre roues, et qui détruisent en même temps l'effet des secousses produites par les inégalités du chemin. Elle est fixée sur le châssis du chariot par les tiges de fer *t*, représentées fig. 1, et indiquées en points ronds dans la fig. 2. Les rayons des roues sont en bois, les jantes sont également en bois et recouvertes d'une double bande de fer. La vapeur est introduite dans les cylindres au moyen de tiroirs ordinaires qui sont mis en jeu par des excentriques placés sur l'essieu des grandes roues; le mouvement de ces excentriques est transmis par des tiges en fer aux leviers *i i*, et *n n*, qui sont fixés sur l'axe transversal des tiroirs. On peut changer à volonté le sens du mouvement à l'aide des manches *m m* (fig. 1), qui agissent par l'intermédiaire des leviers *l l*, *l' l'*, sur la tige des tiroirs. La vapeur, en sortant des cylindres, est conduite dans la partie inférieure de la cheminée, et établit ainsi un courant rapide qui active le tirage du foyer.

Il est facile de voir combien le système de bouilleurs, que nous venons de décrire, facilite la production de la vapeur, et apporte d'économie dans la dépense du combustible. Cependant il existe plusieurs établissemens où l'on emploie encore des chaudières à un seul bouilleur, et où l'on ne saurait renoncer à leur usage, sans se jeter dans de grandes dépenses. On peut, dans ce cas, faire subir à la chaudière une modification qui lui assure une partie des avantages de l'autre système.

Ainsi, dans la machine représentée fig. 1 et 2, pl. XII, le bouilleur unique qui traverse la chaudière a environ 9 pieds (2m.74) de longueur. Supposons qu'on le coupe à une distance de 3 pieds (0m. 915) à partir du foyer, qu'on le ferme par une plaque métallique, et que l'on enlève les 5 pieds restans; le tube, ainsi réduit à 3 pieds de longueur, se trouvera soutenu d'un côté par la paroi de la chaudière, de l'autre par la plaque dont nous venons de parler. Il sera facile alors de lui donner la forme ovale indiquée en points ronds, fig. 2, pl. XII, et l'on obtiendra ainsi un foyer de 3 pieds de long (0m. 915) sur 2 pieds ½ (0m. 76) de large; cela fait, on introduira à travers la plaque plusieurs petits tubes en cuivre semblables à ceux que nous avons décrits plus haut, et qui s'étendront jusqu'à l'extrémité de la chaudière. De cette manière, la surface chauffée sera quatre fois plus considérable qu'avec un seul tube. Il sera nécessaire, pour compléter le système, d'établir au-dessous de la grille une ouverture assez étendue, destinée à l'introduction de l'air extérieur. Pour cela on pratiquera, à travers le tube et la chaudière, une ou deux ouvertures ovales ou carrées, semblables à des trous d'homme; et comme le tube se trouve à-peu-près à 1 pouce (0m. 025) du fond de la chaudière, il suffira, pour fermer cet espace, de river autour de l'ouverture un anneau d'un pouce d'épaisseur. A l'aide de ces modifications très-simples, on facilitera beaucoup la production de la vapeur, et l'on réduira des deux tiers environ la consommation du combustible.

CHAPITRE V.

EXPÉRIENCES SUR LA FORCE DES RAILS EN FONTE ET EN FER FORGÉ.

Nous avons fait connaître, dans le second chapitre, l'opinion de quelques ingénieurs sur les avantages relatifs des rails en fonte et en fer forgé. Ces discussions sont antérieures à l'année 1825; depuis cette époque, les rails en fer laminé ont été généralement adoptés sur les chemins de fer publics, et l'expérience a détruit les préjugés qui s'opposaient à leur emploi. Toutefois, on manquait jusqu'ici d'expériences propres à déterminer la force et la durée relatives de ces deux espèces de rails, ainsi que la résistance

qu'ils opposent au mouvement des chariots. Nous avons fait tous nos efforts pour éclaircir ces diverses questions.

Nous présenterons d'abord, dans le tableau 1er, le résultat de quelques expériences faites à la fonderie de Walker, près de Newcastle-sur-Tyne, pour déterminer la force des rails en fonte. Les rails avaient tous été fondus dans le même moule, en sorte que leur différence de poids était purement accidentelle. Ils avaient la forme indiquée fig. 1 et 3, pl. II; leur largeur, au sommet, était de 2 pouces 1/4 (0m.057); et, vers le milieu de leur hauteur, de 1 pouce 1/2 (0m.038); la partie carrée *c b*, placée inférieurement, avait 7/8 de pouce de côté (0m.022). Leur hauteur maximum était de 6 pouces (0m.152); elle diminuait graduellement, suivant une courbe parabolique, depuis le milieu du rail jusque vers ses deux extrémité; et en ces points, elle se réduisait à 4 pouces (0m.102). Pendant le cours des expériences, les rails étaient assujétis comme à l'ordinaire sur les coussinets, qui étaient fixés eux-mêmes sur des traverses en bois. La distance entre les points d'appui était de 3 pieds 9 pouces 1/2 (1m.156). Les diverses espèces de fonte, soumises à l'expérience, sont désignées dans le tableau par des lettres et des numéros.

EXPÉRIENCE I.

NOMBRE des expériences.	NATURE DU MÉTAL.	POIDS de chaque rail.	POIDS qui produit la rupture.	Poids moyen de chaque espèce de rail.	RÉSISTANCE moyenne de chaque espèce de rail.	RAPPORT entre la résistance du métal mêlé et non mêlé, en tenant compte de la différence des poids.
		kil.	kil.	kil.	kil.	
1	No 1, métal A.	25,56	6436,09	25,19	5805,24	100 : 84
2	— *idem*.	25,39	5065,50			
3	— *idem*.	25,14	5522,59			
4	— *idem*.	24,66	6208,15			
5 6	No 1, A, même qualité que le précédent, mêlé avec du vieux métal. . . .	26,69 26,32	7541,17 7312,65	27,00	7420,57	
7	No 1, métal B.	25,28	5751,11	25,56	5408,33	100 : 83
8	— *idem*	25,87	5065,50			
9 10	No 1, B, mêlé avec du vieux métal.	26,21 26,04	8264,77 7579,26	26,12	7922,04	
11	No 1, métal C.	25,14	7655,43	25,05	7141,22	100 : 74
12	— *idem*	24,94	6627,05			
13	No 1, C, mêlé.	25,50	9369,28	25,67	8823,42	
14	— *idem*.	25,84	8226,68			
15	No 1, métal D.	25,47	5751,10	25,45	5865,37	100 : 62
16	— *idem*	25,42	5979,63			
17 18	No 1, D, mêlé avec du vieux métal.	27,00 25,78	10550,06 9178,93	26,41	9064,44	
19	No 2, *idem* D.	25,76	4836,98	25,53	4938,55	..
20	— *idem*.	25,28	5065,51			
21	No 3, *idem* D.	26,21	5294,07	25,98	5522,59	
22	— *idem*.	25,74	5751,10			
23	No 1, métal E.	25,52	6512,84	25,73	6684,18	100 : 92
24	— *idem*.	25,90	6855,62			
25 26	No 1, E, mêlé avec du vieux métal.	25,10 25,22	7541,17 6398,59	25,16	6982,52	
27	Rail en fonte de diverses espèces de métal. . .	25,17	6893,71			
28	— *idem*	25,87	5065,51			
29	Rail de 1m.22 de long. .	26,29	6100,23			
30	Rail de 0m.91 de longueur. Métal no 2.	14,96	5008,38			
31	— 0m.91 de longueur. . . Métal du pays de Galles. .	14,96	5122,69			
32	— 0m.91 de long. métal no 1.	14,96	5440,07			

En examinant le tableau précédent, on voit qu'il donne des résultats très-différens, même pour des rails de nature semblable. La seule loi qui paraisse se vérifier d'une manière constante, c'est que les rails, formés d'un mélange de plusieurs espèces de fonte, offrent une densité et une résistance plus grande que ceux qui sont composés d'un seul genre de métal. Cette observation pourra souvent être utilisée dans la pratique. Nous remarquerons encore que les poids indiqués dans la table sont ceux qui déterminent la rupture, et qu'il convient de ne faire supporter aux rails qu'une charge très-inférieure à cette limite extrême. Il est nécessaire, en effet, qu'ils puissent résister non-seulement au poids des chariots, mais encore aux secousses produites par les inégalités de la route et par les obstacles accidentels qui peuvent s'y rencontrer. De plus, dans les chariots à quatre roues et sans ressorts, la charge est loin d'être également répartie sur chacune des roues. On a soin, il est vrai, de placer autant que possible les axes des essieux dans un même plan; mais il est rare que la surface supérieure des rails soit exactement parallèle à ce plan, et alors le chariot ne porte que sur trois roues à la fois; il arrive même, lorsque les ondulations des rails changent de sens, que, dans le moment de transition, la charge n'est supportée que par les deux roues placées sur une même diagonale. Ces motifs, joints à plusieurs autres qu'il est inutile de détailler, doivent engager à donner aux rails des dimensions très-supérieures à celles qui seraient rigoureusement nécessaires pour éviter leur rupture.

Le minimum de résistance fourni par les expériences précédentes est environ de 7 tonneaux (7109 kil.) pour les rails composés de fontes mêlées, et de 5 tonneaux (5078 k.) pour ceux qui sont formés d'un seul genre de métal. Ces rails étaient destinés à un chemin de fer sur lequel les chariots devaient peser 4 tonneaux (4062 kil.). Ainsi en supposant que par suite des inégalités de la route, le poids ne portât que sur deux roues à la fois, la charge sur chaque rail ne pouvait excéder deux tonneaux (2031 k.). Le rapport entre le poids maximum supporté par les rails et leur force absolue était donc, dans le premier cas de $\frac{2}{7}$, et dans le second, de $\frac{2}{5}$. Nous pensons que l'on doit dans la pratique prendre pour règle de ne jamais faire supporter aux rails plus du tiers de la charge qui peut occasioner leur rupture.

M. Tredgold, dans son Traité sur la fonte, établit la relation suivante entre les dimensions du rail et la charge maximum qu'il doit supporter. Soit P ce poids maximum exprimé en livres; l la distance entre les points d'appui exprimée en pieds; b la plus grande largeur du rail en pouces; d sa plus grande hauteur en pouces; $q\,b$ la différence entre la plus grande largeur du rail et la largeur correspondante au milieu de sa hauteur; $p\,d$ la hauteur maximum de la partie inférieure; on a

$$\frac{3\,Pl}{850} = bd^2\,(l - q\,p^3) \text{ d'où l'on tire}$$

$$d = \sqrt{\frac{3\,Pl}{850\,(l - q\,p^3)}}, \quad \text{et}$$

$$P = \frac{850\,bd^2\,(l - q\,p^3)}{3\,l}$$

Pour transformer en kilogrammes la valeur de P, il suffit de multiplier le résultat par la fraction 0,453.

Nous donnons, dans le tableau 2, les résultats de quelques expériences faites aux usines à fer de Bedlington, le 6 décembre 1824, sur la force et la flexibilité des rails en fer malléable. Le rail soumis à l'expérience, présentait la forme indiquée fig. 4 et 5, pl. II, et avait les dimensions suivantes: hauteur maximum, 3 pouces 7/16 (0m.087); hauteur aux deux extrémités, 2 pouces 1/4 (0m.57); épaisseur, 5/8 de pouce (0m.016); largeur du bondeau supérieur, 2 pouces 1/4 (0m.057); poids, 28 livres par yard (13 kil. 87, par mètre courant); longueur totale, 9 pieds (2m.745); distance entre les coussinets, 3 pieds (0m.915). L'appareil était renversé, et la pression exercée de bas en haut, au milieu de l'intervalle compris entre deux supports. Le rail était formé de vieux fer du pays de Galles, retravaillé et choisi au hasard dans un monceau de rails destinés au chemin de fer de Darlington.

EXPÉRIENCE II.

POIDS APPLIQUÉS.	FLEXION.	OBSERVATIONS.
kil.	m.	
1421,90	0,00153	Lorsque le poids a été enlevé, le rail a repris sa forme primitive. Pour s'assurer s'il n'avait pas éprouvé quelque détérioration, on a fait les deux expériences suivantes.
2843,79	0,00279	
4265,69	0,00508	
5687.58	0,00889	
6398,53	0,01194	
2843,79	0,00279	Les poids étant replacés, on a retrouvé les mêmes flexions que précédemment.
6398,53	0,01194	
6677,83	0,01448	Après l'enlèvement de ce poids, le rail a repris sa forme primitive.
2843,79	0,00292	On a replacé les poids, et on les a maintenus pendant un certain temps. Après leur enlèvement, on a observé que le rail conservait une flexion de 0m.000089.
6398,53	0,01219	
7109,48	0,01600	
7820,43	0,02337	On a de nouveau placé les poids, et l'on a retrouvé à peu près les mêmes flexions. Après avoir porté la charge à 7820 kil. 43, on a trouvé une flexion permanente de 0m.0061, sans que le rail présentât d'ailleurs aucune détérioration apparente.

Nous allons actuellement exposer les résultats de diverses expériences qui ont été faites pour déterminer la flexibilité relative des rails de sections différentes. La pression était exercée au moyen d'une romaine ; la flexion se mesurait à l'aide d'une vis, dont le pas avait $^1/_{17}$ de pouce de longueur (0m.0015), et d'une roue indiquant la 64e partie du pas de la vis, c'est-à-dire $^1/_{1088}$ de pouce (0m.00002334). Les rails avaient la forme indiquée fig. 7, pl. II, et reposaient sur des coussinets distans de 3 pieds (0m.915) d'axe en axe ; la largeur de ces coussinets a été indiquée pour chaque expérience. On a aussi distingué le cas où le rail était fixé à chacune de ces divisions, et celui où il était seulement assujéti sur les deux coussinets entre lesquels était exercée la pression. Ces deux cas sont distingués dans le tableau par la désignation de supports fixes et de supports libres.

EXPÉRIENCE III.

Rail en fer forgé. Longueur totale, 14 pieds 11 pouces 1/8 (4m.552), comprenant 5 divisions. — Poids, 167 liv. (75 kilog. 651). — Largeur du bandeau supérieur, 2 pouces 1/4 (0m.057); épaisseur, 1 pouce (0m.025). — Hauteur de la partie intermédiaire, 1 pouce 15/16 (0m.049); épaisseur, 5/8 de pouce (0m.016). — Hauteur de la partie inférieure, 3/4 de pouce (0m.019). — Hauteur du rail en son milieu, 3 pouces 11/16 (0m.094); se réduisant à chaque extrémité, par une courbe elliptique, à 2 pouces 3/8 (0m.060). — Largeur du cousinet, 3 pouces 1/4 (0m.082).

	SUPPORTS FIXES.				SUPPORTS LIBRES.	
POIDS appliqués.	FLEXION pendant l'application du poids.	FLEXION permanente.	FLEXION produite par une nouvelle application des poids.	FLEXION permanente.	FLEXION pendant l'application du poids.	FLEXION permanente.
kil. 863,294	m. 0,000231		m. 0,000231		m. 0,000373	
1726,588	0,000465		0,000490		0,000747	
2589,882	0,000721		0,000770		0,001097	
3453,176	0,000980		0,001050		0,001471	0,000046
	0,000980		0,001050		0,001471	
4316,470	0,001189		0,001189		0,001890	0,000091
	0,001189		0,001189		0,001890	
5179,764	0,001562	0,000068	0,001585	0,000068	0,002334	0,000256
	0,001585		0,001610		0,002428	
6043,058	0,001916	0,000140	0,001935	0,000140	0,002918	0,000513
	0,001916		0,001935		0,002918	
6906,352	0,002286	0,000310	0,002311	0,000231	0,003734	0,000932
	0,002311		0,002311		0,003807	
7769,646	0,002812	0,000419	0,002809	0,000396	0,004574	0,001562
	0,002814		0,002812		0,004902	
8632,940	0,002860	0,000630	0,002855	0,000698	0,006535	0,003210
	0,002862		0,002862			
9496,234	0,002941	0,001211	0,002967	0,001259		

EXPÉRIENCE IV.

Rail en fer forgé. Longueur totale, 14 pieds 10 p. (4m·552), comprenant cinq divisions. — Poids, 157 livres (71 kilog. 184). — Largeur du bandeau supérieur, 2 po. 1/4 (0m·057); épaisseur, 3/4 de pouce (0m·019. — Hauteur de la partie intermédiaire, 1 po. 3/8 (0m·035); épaisseur, 3/4 de pouce (0m·019). — Hauteur de la partie inférieure, 1 po. 3/16 (0m·030), épaisseur, 1 pouce (0·025). — Hauteur du rail en son milieu, 3 po. 1/8 (0m·079), se réduisant par une courbe elliptique à 2 pouces 1/2 (0m·063.) à la distance de 1 po. 1/2 (0m·038) de chaque extrémité (1). — Largeur du coussinet, 3 pouces 1/4 (0m·0825).

	SUPPORTS FIXES.				SUPPORTS LIBRES.	
POIDS appliqués.	FLEXION.	FLEXION permanente.	FLEXION produite par une nouvelle application des poids.	FLEXION permanente.	FLEXION.	FLEXION permanente.
kil.	m.		m.		m.	
863,294	0,000279		0,000325		0,000442	
1726,588	0,000582		0,000556		0,000909	
2589,882	0,000932		0,000792		0,001328	
3453,176	0,001211	0,000046	0,001143	0,000046	0,001773	0,000091
	0,001211		0,001143		0,001796	
4316,470	0,001633	0,000091	0,001493	0,000091	0,002263	0,000208
	0,001633		0,001493		0,002263	
5179,764	0,002078	0,000185	0,001819	0,000140	0,002819	0,000373
	0,002100		0,001844		0,002824	
6043,058	0,002799	0,000325	0,002192	0,000231	0,002941	0,001026
	0,002809		0,002240		0,002954	
6906,352	0,002913	0,000932	0,002814	0,000419	0,003276	0,002944
	0,002926		0,002824		0,003327	
7769,646	0,003132	0,002799	0,002903	0,001026	0,003744	0,003091
	0,003165		0,002913			
8632,940	0,003594	0,003221	0,003020	0,001819		

(1) La partie inférieure de ce rail présente à chacune des divisions un renflement de 3 pouces (0m.0076) de longueur environ, sur 3/8 de pouce (0m.0095) de hauteur, lequel pénètre dans le fond du coussinet. Les rails qui font l'objet des expériences suivantes offrent la même disposition. *Note de l'Auteur.*

EXPÉRIENCE V.

Rail en fer forgé. Longueur totale, 14 pieds 8 po. (4m.473) comprenant cinq divisions. — Poids, 162 livres (73 kilog. 286). — Largeur du bandeau supérieur, 2 po. 3/16 (m.055); épaisseur, 1 pouce (0m.025). — Hanteur de la partie moyenne, 1 pouce 1/8 (0m.029); épaisseur, 5/8 de pouce (0m.016). — Hauteur de la partie inférieure, 1 pouce 7/16 (0m.037); épaisseur, 7/8 de pouce (0m.022). — Hauteur du rail en son milieu, 3 pouces 9/16 (0m.090); se réduisant par une courbe elliptique à 2 pouces 7/8 (0m,073) à la distance de 1 pouce 1/2 (0m.038) de chaque extrémité. — Largeur du coussinet, 3 pouces 1/4 (0m.082).

	SUPPORTS FIXES.				SUPPORTS LIBRES.	
POIDS appliqués.	FLEXION.	FLEXION permanente.	FLEXION produite par une nouvelle application des poids.	FLEXION permanente.	FLEXION.	FLEXION permanente.
kil.	m.		m.		m.	
863,294	0,000162		0,000163		0,000104	
1726,588	0,000442		0,000465		0,000559	
2589,882	0.000747		0,000794		0,000864	
3453,176	0,000955		0,001062		0,002166	
	0,000955		0,001062		0,002166	
4316,470	0;001237		0,001354		0,001539	
	0,001237		0,001354		0'001539	
5179,764	0.001539		0,001610		0,001844	
	0,001562		0,001610		0,001796	
6043,058	0,001773	0,000091	0,001935	0,000068	0.002078	0,000046
	0,001773		0,001935		0'002123	
6906,352	0,001984	0,000140	0,002311	0,000140	0.002428	0.000091
	0 001984		0,002336		0,002428	
7769,646	0,002334	0,000325	0,002824	0,000559	0,002025	0,000536
	0,002473		0,002032		0,002870	
8632,940	0.002852	0,000670	0,002923	0,0032h0	0,003243	0,002936
	0,002857					
9496,234	0,002949	0,001565				

EXPÉRIENCE VI.

Rail en fer forgé. Longueur totale, 15 pieds 1/2 pouces (4m·588) comprenant 5 divisions. — Poids, 196 liv. (88 kilog. 788). — Largeur du bandeau supérieur, 2 pouces 1/4 (0m·057); épaisseur, 1 pouce (0m·025) — Hauteur de la partie moyenne, 1 pouce 3/4 (0m·044); épaisseur, 5/8 de pouce (0m·016) — Hauteur de la partie inférieure, 1 pouce 5/16 (0m·033); épaisseur, 1 pouce (0m·025). — Hauteur du rail en son milieu, 4 pouces 1/16 (0m·103); se réduisant par une courbe elliptique à 3 pouces 3/8 (0m·086), à la distance de 1 pouce 1/2 (0m·038) de chaque extrémité. — Largeur du coussinet, 3 pouces 1/2 (0m·089).

	SUPPORTS FIXES.				SUPPORTS LIBRES.	
POIDS appliqués.	FLEXION.	FLEXION permanente.	FLEXION produite par l'application du poids.	FLEXION permanente.	FLEXION produite par le poids.	FLEXION permanente.
kil.	m		m.		m.	
863,294	0,000091		0,000089		0,000208	
1726,588	0,000279		0,000279		0,000442	
2589,882	0,000467		0,000419		0,000724	
3453,176	0,000698		0,000630		0,000980	
	0,000698		0,000630		0,000980	
4316,470	0,000909		0,000747		0,001166	0,000068
	0,000909		0,000747		0,001166	
5179,764	0,001097		0,000980		0,001445	0,000140
	0,001097		0,000980		0,001445	
6043,058	0,001260	0,000046	8,001166	0,000068	0,081750	0,000279
	0;001260		0,001166		0,001773	
6906,352	0,001471	0,000114	0,001377	0,000114	0,002123	0,000467
	0, 001471		0,001399		0,002123	
7769,646	0,001702	0,000208	0,001587	0,000162	0,002799	0,000770
	0,001702		0,001610		0,002809	
8632,940	0,002007	0,000325	0,001844	0,000279	0,002936	0,001819
	0,002029		0,001866			
9496,234	0,002451	0,000582	0,002240	0,002794		

EXPÉRIENCE VII.

Rail en fer forgé. Longueur totale 14 pieds 11 po. 3/4 (4m.565) comprenant 5 divisions. — Poids, 188 liv. (85 kilog. 164). — Largeur du bandeau supérieur, 2 pouces 1/4 (0m.057); épaisseur, 3/4 de pouce (0m.019) — Hauteur de la partie moyenne, 1 pouce 15/16 (0m.049); épaisseur, 5/8 po. (0m.016) — Partie inférieure présentant une surface arrondie de 1 po. 3/16 (0m.030) de diamètre. — Hauteur du rail constante sur toute sa longueur, 3 pouces 7/8 (0m.099). — Largeur du coussinet, 5 pouces (0m.127).

	SUPPORTS FIXES.				SUPPORTS LIBRES.	
POIDS appliqués.	FLEXION.	FLEXION permanente.	FLEXION produite par une nouvelle application des poids.	FLEXION permanente.	FLEXION.	FLEXION permanente.
kil. 863,294	m. 0,000185		m. 0,000163		m. 0,000208	
1726,588	0,000325		0,000310		0,000439	
2589,882	0,000439		0,000465		0,000653	
3453,176	0,000607		0,000630		0,000986	
	0,000607		0,000630		0,000986	
4316,470	0,000815		0,000792		0,001166	0,000046
	0,000815		0,000792		0,001166	
5179,764	0,000980		0,000980		0,001445	0,000140
	0,000980		0,000980		0,001445	
6043,058	0,001166	0,000053	0,001166	0,000053	0,001679	0,000256
	0,001166		0,001166		0,001679	
6906,352	0,001326	0,000114	0,001377	0,000114	0,001966	0,000513
	0,001326		0,001377		0,001966	
7769,646	0,001539	0,000162	0,001539	0,000140	0,002192	0,000980
	0,001539		0,001539		0,002240	
8632,940	0,001702	0,000208	0,001702	0,000185	0,002959	0,002052
	0,001702		0,001702			
9466,234	0,009487	0,000256	0,001961	0,000279		

Les expériences précédentes prouvent que l'on augmente considérablement la résistance à la rupture, en fixant les rails, non-seulement sur les dés entre lesquels est appliquée la charge, mais encore sur les dés voisins ; d'où il suit qu'il est avantageux de leur donner une grande longueur, en ayant soin de maintenir leurs extrémités dans les coussinets par un système qui ne permette aucun déplacement. Ce dernier résultat ne

saurait être obtenu à l'aide de simples chevilles ; on ne peut y parvenir qu'en employant des clefs agissant comme des coins.

Dans toutes ces expériences, les rails, quoique présentant des sections différentes, étaient construits d'après le même principe, à l'exception toutefois du rail du 7e tableau. Ce dernier, au lieu d'offrir dans sa partie inférieure une suite de courbes elliptiques, avait ses deux surfaces parallèles l'une à l'autre. Du reste, son poids était à peu près égal à celui du rail du numéro VI, en sorte que les tableaux VI et VII permettent d'apprécier l'influence relative de ces deux formes sur la résistance à rupture.

Toutefois, comme cette question est fort importante, on a répété l'expérience avec le soin le plus minutieux sur deux rails semblables à ceux des numéros VI et VII. On les a posés l'un et l'autre sur les arêtes saillantes de deux prismes, en ayant soin que la distance entre les points d'appui fût parfaitement égale : cette distance était de 3 pieds 1/4 de pouce (0m.921). Le tableau suivant indique les résultats auxquels on a été conduit.

EXPÉRIENCE VIII.

Rail, no 1, semblable à celui du tableau VI ; longueur, 15 pieds 2 pouces (4m.626), poids, 197 livres (89kil. 241).			Portion de rail, no 2, semblable à celui du tableau VII.	
POIDS.	FLEXION.	FLEXION permanente.	FLEXION.	FLEXION permanente.
kil.	mèt.		mèt.	
863,294	0,000162		0,000162	
1726,588	0,000396		0,000420	
2589,882	0,000630		0,000815	
3453,176	0,000864		0,001072	
4316,470	0,001143		0,001328	
	0,001143		0,001328	
5179,764	0,001425		0,001562	
	0,001425		0,001562	
6043,058	0,001819		0,001890	
	0,001819		0,001890	
6906,352	0,002217	0,000091	0,002334	0,000107
	0,002286		0,002334	
7769,646	0,003002	0,002286	0,002822	0,000653
	0.003043		0,002835	
8632,940	0,003432	0,003030	0,003389	0,002931

L'expérience dont nous venons d'indiquer le résultat, prouve que le rail no 1 offre plus de résistance que le no 2, tant que la charge n'est pas suffisante pour lui faire subir une altération permanente. Dès que cette limite est dépassée, le rail no 2 offre au contraire des flexions faibles; mais, comme le premier conserve son avantage sous des charges bien supérieures à celles qu'il doit réellement supporter dans la pratique, il paraît mériter la préférence.

Le poids du rail no 1 est de 39 liv. par yard (19 kil. 33 par mètre courant) ; et celui du no 2, de 37 liv. 1/2 (18 kil. 34 par mètre courant) ; mais il est à remarquer que le bandeau supérieur du premier a un pouce (0m.025) d'épaisseur, et que celui du second n'a que 3/4 de pouce (0m.019). En ajoutant 1/4 de pouce au bandeau supérieur de ce dernier, on porterait son poids à 43 livres par yard (21 kil. 29 par mètre courant), sans que pour cela sa rigidité fût augmentée d'une manière sensible, de sorte que l'avantage reste encore au rail no 1.

En comparant les expériences septième et huitième, on arrive à ce résultat facile à prévoir : 1o que, dans le cas où les rails sont simplement posés sur les supports, la flexion est plus forte que lorsqu'ils y sont invariablement fixés ; 2o que, dans le pre-

mier cas, le rail peut supporter une charge beaucoup plus considérable sans éprouver une altération permanente. La rapprochement des expériences sixième et septième donne un résultat semblable.

Il nous resterait maintenant à établir une comparaison entre la durée relative des rails en fonte, et celle des rails en fer malléable. Mais l'emploi de ces derniers est encore trop récent pour que les observations faites à ce sujet puissent être concluantes.

On a commencé, il est vrai, quelques expériences dans une localité où les deux genres de rails sont employés à la fois, et où ils supportent une masse égale de transports; et, jusqu'à présent, leur résultat est favorable au fer forgé. Mais nous devons remarquer que, dans l'opération de la fonte, la surface des rails acquiert une dureté plus grande que les parties intérieures, et que toute expérience, ayant pour but de constater l'usure des rails, doit être poursuivie jusqu'à ce que l'enveloppe durcie ait été enlevée. Or, tout porte à croire que les observations n'ont pas encore été continuées pendant un temps suffisant pour produire cet effet; et cette considération ne nous permet pas de regarder comme décisifs les résultats obtenus jusqu'ici.

De notre côté, nous avons eu l'occasion de soumettre la fonte et le fer forgé à un autre genre d'épreuve, qui nous semble devoir conduire à des résultats assez exacts. Nous employions anciennement, pour les machines locomotives du chemin de fer de Killingworth, des roues ordinaires en fonte, auxquelles nous avons substitué, il y a environ quatre ans, des jantes en fer forgé: nous nous sommes ainsi trouvés à même d'apprécier l'usure relative des jantes en fonte et en fer. L'usure des premiers était à peu près de $^1/_2$ pouce ($0^m.0127$) en neuf mois; tandis que celles des jantes en fer forgé, avec les mêmes machines, a été de $^1/_4$ de pouce ($0^m.0063$) en trois ans, et avec trois machines nouvelles de $^1/_8$ de pouce ($0^m.0032$) en un an, ce qui établit une proportion au moins de cinq à un en faveur du fer malléable (1).

Ce résultat peut évidemment s'appliquer aux rails en fer forgé et en fonte, et il s'ensuivrait que les premiers sont réellement très-supérieurs aux seconds. Nous devons observer, du reste, qu'à part toute considération de durée et d'économie, le fer malléable est généralement préféré sur tous les chemins de fer publics, comme moins sujet à la rupture, et offrant ainsi plus de sécurité.

Nous allons présenter actuellement quelques résultats comparatifs sur la résistance opposée au mouvement des chariots par les rails en fonte et en fer. L'observation avait semblé démontrer que, jusqu'à une certaine limite, ces derniers offraient plus de résistance que les premiers; mais il est probable que cet effet était dû à la flexion des rails en fer, auxquels on donnait, dans le principe, des dimensions beaucoup trop faibles. On a cherché, au moyen des expériences que nous allons faire connaître, à éclaircir cette question.

On a pris sur deux chemins de fer en activité des rails en fonte et en fer forgé, polis par l'usage, ainsi qu'une paire de roues appartenant à l'un des chariots d'exploitation. On a établi ces deux voies parallèlement l'une à l'autre sur les mêmes traverses, de telle sorte que les roues pussent facilement être transportées de l'une des voies sur l'autre.

Ces roues étaient réunies par un essieu, et chargées en un point de leur circonférence de poids que l'on pouvait modifier à volonté. On voit, d'après cela, qu'une fois écartées de leur position d'équilibre, elles devaient osciller comme un pendule, et n'atteindre l'état de repos que lorsque le centre de gravité se trouvait sur la verticale passant par le centre de l'essieu, c'est-à-dire, lorsque le point de la circonférence, qui était chargé du poids additionnel, se trouvait en contact avec le rail. Le frottement

(1) Sur le chemin de fer de Stockton et Darlington, on a obtenu, pour la durée des rails en fer malléable et en fonte les résultats suivans:

Rails en fer malléable de 15 pieds ($4^m.57$) de long, sur lesquels passent des machines locomotives pesant de 8 à 11 tonneaux (8.125^k à 11.172^k), et des chariots pesant 4 tonneaux (4.063^k) avec leur charge, servant chaque année au transport de 86,000 tonneaux de marchandises, non compris les machines et les chariots. — Le rail, dont le poids est de 1 quint. 24 liv. 1/2 ($61^k.89$), perd en douze mois 8 onc. (0k 227) de son poids.

Rails en fonte, de 4 pieds ($1^m.22$) de long, qui ne reçoivent que des chariots pesant 4 tonneaux avec leur charge (4.063^k), et qui servent chaque année au transport de 86,000 tonneaux, non compris les chariots. — Le rail qui pèse 63 liv. ($28^k.56$) perd en douze mois 8 onc. (0k.227) de son poids.

Cette perte est égale, comme on le voit, à celle d'un rail en fer forgé, ayant 15 pieds de longueur, et servant au transport de la même masse de marchandises. (*Note de l'auteur.*)

de la jante sur la surface des rails était d'ailleurs la seule force qui arrêtât le mouvement oscillatoire des roues, en sorte que ce frottement pouvait être mesuré par le nombre des oscillations observées. Dans ce genre d'expérience, on n'a à considérer aucun élément étranger à la question, et aussi cette manière de procéder nous a-t-elle paru plus propre que toute autre à donner des résultats exacts.

Les observations étaient faites à l'aide d'une lunette, et l'amplitude des oscillations mesurée par une échelle graduée. Leur nombre était compté avec soin de pouce en pouce. Ainsi, au commencement de l'expérience, l'amplitude de l'oscillation, à partir de la position d'équilibre, était de 5 pouces (0m.127), et elle ne se réduisait à 4 pouces (0m.102), qu'après 56 oscillations. Les rails en fonte avaient 3 pieds 6 pouces (1m.067) de longueur, et pesaient 56 livres (25 kil. 368); on voit leur section, fig. 1, pl. II. Les rails en fer pesaient 28 livres par yard (13 kil. 88 par mètre courant). La section de ces rails était la même que dans l'expérience II, rapportée ci-dessus. Les supports étaient placés à 3 pieds (0m.915) l'un de l'autre.

ÉTENDUE DES OSCILLATIONS.	EXPÉRIENCE I. Poids des roues etc., 10 quint. (507 kil. 82).				EXPÉRIENCE II. Poids des roues, etc., 20 quint. (1015 kil. 64).			
	RAILS EN FONTE.		RAILS EN FER.		RAILS EN FONTE.		RAILS EN FER.	
	NOMBRE des oscillat.	NOMBRE des oscillat.	NOMBRE des oscillat.	NOMBRE des oscillat.	NOMBRE des oscillat.	NOMBRE des oscillat.	NOMBRE des oscillat.	NOMBRE des oscillat.
De 5 à 4 po. (0m,127 à 0m,102).	56	62	54	64	52	50	52	52
4 à 3 po. (0m,102 à 0m,076).	74	78	68	80	64	70	64	66
3 à 2 po. (0m,076 à 0m,051).	88	22	84	100	84	82	92	86
2 à 1 po. (0m,051 à 0m,025).	87	86	98	84	99	110	142	150

ÉTENDUE DES OSCILLATIONS.	EXPÉRIENCE III. Poids des roues, etc., 30 quint. (1523 kil. 46).					EXPÉRIENCE IV. Poids des roues, etc., 40 quint. (2031 kil. 28).					
	RAILS en FONTE.		RAILS EN FER.			RAILS en FONTE.		RAILS EN FER.			
	Nombre des oscillations.	SOUTENUS par des coins. Nombre des oscillat.	Nombre des oscillations.	Nombre des oscillations.	SOUTENUS par des coins. Nombre des oscillat.	Nombre des oscillations.	SOUTENUS par des coins. Nombre des oscillat.	Nombre des oscillations.	Nombre des oscillations.	SOUTENUS par des coins. Nombre des oscillat.	SOUTENUS par des coins. Nombre des oscillat.
De 7 à 6 pouces (0m. 178 à 0m. 253).	—	—	—	—	—	28	30	24	26	31	32
6 à 5 » (0m. 153 à 0m. 127).	—	—	—	—	—	32	34	28	28	32	32
5 à 4 » (0m. 127 à 0m. 102).	54	46	54	54	50	42	36	38	38	35	35
4 à 3 » (0m. 102 à 0m. 076).	66	56	70	66	68	44	48	44	46	43	45
3 à 2 » (0m. 076 à 0m. 051).	82	78	90	94	90	48	46	56	55	50	48
2 à 1 » (0m. 051 à 0m. 025).	94	09	116	124	114	52	52	84	82	63	66

On voit qu'avec des poids inférieurs à 30 quintaux (1523 kil. 46), la résistance était la même sur les rails en fonte et en fer forgé. Quand la charge a été portée à 40 quintaux (2031k·28), le nombre des oscillations de 7 à 3 pouces d'étendue, a été de 146 sur les rails en fonte, et de 134 et 138 sur les rails en fer, ce qui donne une légère différence en faveur des premiers. Lorsque le nombre des oscillations des roues sur la fonte a atteint le chiffre de 148, on a placé des coins sous les rails pour les empêcher de fléchir, et l'on a vu que la rigidité n'influait pas sensiblement sur la résistance. En adoptant cette disposition pour les rails en fer, on a trouvé que la résistance devenait à peu près égale à celle de la fonte. D'où l'on peut conclure que lorsque le fer forgé ne présente aucune flexion, il oppose la même résistance que la fonte au mouvement des roues.

Nous remarquerons de plus que, dans les expériences précédentes, la flexion des rails sous une charge de 30 quintaux (1523k·46), était de 0po·032 (0m·000813), et de 0po·043 (0m·001092) sous une charge de 40 quintaux (2031k·28). Il nous semble que dans la pratique on ne doit pas se servir de rails dont la flexion atteigne la limite de 0po·032, surtout s'ils ne présentent pas une force plus grande au moment de la pose; car, à mesure qu'ils s'usent, leur flexion et par suite la résistance opposée au mouvement des roues devient plus considérable.

On peut, lorsque les chariots sont montés sur des ressorts, supposer leur poids total réparti également sur les quatre roues; mais avec des chariots sans ressorts il arrive souvent, comme nous l'avons vu plus haut, que la charge se trouve supportée par deux roues seulement; et l'on doit, dans la pratique, admettre cette dernière hypothèse.

Ainsi, pour que l'emploi des rails en fer ne cause aucune augmentation de résistance, leur rigidité doit être telle, que le quart du poids des chariots, s'ils sont suspendus sur ressorts, et la moitié de leur poids, dans le cas contraire, ne cause pas au milieu du rail une flexion égale à 0po·032 (0m·000813).

Il serait même prudent dans la pratique, surtout lorsque l'on se sert de chariots non suspendus, d'employer des rails d'une rigidité suffisante pour résister à toutes les flexions que le poids des chariots serait capable de produire; car indépendamment de toute autre considération, il est à remarquer que dans le cours des expériences, les poids ont toujours été soigneusement appliqués sur la surface des rails, tandis que, dans la pratique, ils ont quelquefois à subir des chocs assez forts.

Les expériences précédentes, sur la résistance relative de la fonte et du fer forgé, ont été faites avec des rails dont les surfaces étaient parfaitement sèches et libres de poussière. Pour apprécier l'augmentation de résistance causée par la présence de matières étrangères, on a mouillé leur surface et l'on a vu que le nombre des oscillations était respectivement de 540, et de 570 avec la surface sèche, et de 375 avec la surface mouillée. Sur les rails en fer, on a trouvé qu'en donnant une moindre amplitude aux oscillations, leur nombre était de 404 et 412, dans le cas ordinaire, et qu'il se réduisait à 230, lorsque les rails étaient frottés de craie. Sur des rails en fonte lubrifiés, toutes circonstances égales d'ailleurs, le nombre des oscillations était de 290, et de 244 seulement lorsqu'ils étaient huilés abondamment.

Il résulte de ce qui précède, que l'emploi du fer forgé pour la construction des rails ne donne lieu à aucune augmentation de résistance, et que cette résistance est un minimum, lorsque la surface des rails est complètement sèche et libre de toute matière étrangère.

CHAPITRE VI.

DU FROTTEMENT ET DE LA RÉSISTANCE DES CHARIOTS SUR LES CHEMINS DE FER.

Lorsqu'un chariot se meut sur un chemin de fer ou sur une route quelconque, il éprouve à chaque instant une certaine résistance dont il est important d'apprécier la valeur. Cette résistance, ainsi que nous l'avons indiqué précédemment, est due à deux causes distinctes : 1° le frottement des essieux dans leurs crapaudines, ou le frottement de premier ordre; 2° le frottement dû au mouvement de rotation des roues sur la surface des rails, ou le frottement de second ordre. Dans toutes les voitures à roues, ces deux actions se produisent à la fois, et, par le mot de frottement, nous désignerons

en général ce double effet, à moins que nous n'exprimions formellement le contraire. Plus tard, en traitant des machines locomotives, nous parlerons de la force qui s'oppose au glissement de deux surfaces en contact. C'est cette force d'adhérence, ainsi que nous l'avons déjà dit, qui détermine la locomotion des machines employées sur les chemins de fer.

Quant aux deux genres de résistance dont nous venons de parler, il est facile d'exprimer leur valeur, en admettant que le frottement est proportionnel à la pression. En effet, soit P le poids du chariot, p celui des roues, f le coefficient du frottement de premier ordre, f' celui du frottement de second ordre, D le diamètre des roues, d celui des essieux; la résistance due à la rotation des roues sera représentée par $f'(P+p)$, et la résistance due au glissement des essieux dans leurs boîtes sera égale à $fP\frac{d}{D}$; car la vitesse des roues et celle des essieux sont évidemment en raison inverse de leurs diamètres. La résistance totale sera donc égale à $f'(P+p)+fP\frac{d}{D}$.

Nous ne tenons pas compte ici des forces accessoires qui viennent encore s'opposer au mouvement des chariots, telles que l'action du vent, de l'humidité, etc. L'effet de ces forces retardatrices est faible tant que la vitesse est modérée, et nous ne nous en occuperons qu'en traitant la question des grandes vitesses.

La valeur du coefficient f' doit nécessairement changer suivant la grandeur des roues. Jusqu'ici nous manquons d'expériences propres à faire connaître dans quel rapport elle varie; mais, comme les roues d'un grand diamètre surmontent plus facilement les obstacles qu'elles rencontrent, nous pouvons admettre qu'elles méritent la préférence. La formule que nous venons d'obtenir prouve également qu'il est avantageux, afin de rendre le frottement le moindre possible, d'augmenter le diamètre des roues et de diminuer celui des essieux. D'un autre côté, les chariots trop élevés présentent des inconvéniens pour le chargement et le déchargement; et de plus, en augmentant le diamètre des roues, on augmente aussi le bras de levier qui tend à opérer la torsion ou la rupture de l'essieu; ce qui oblige de donner en même temps à ce dernier un plus grand diamètre. Toutefois, comme la tendance à la rupture est simplement proportionnelle au diamètre de la roue, tandis que la résistance est en raison du cube du diamètre de l'essieu, on peut admettre que, dans tous les cas, il est avantageux de donner aux roues un diamètre aussi grand que les circonstances le permettent.

On voit, d'après ce qui précède, que, pour apprécier exactement la résistance des chariots, il est nécessaire de déterminer par expérience les valeurs de f' et de f, relatives aux deux genres de frottement. Dans le premier de ces deux cas, l'action ne s'exerce que sur la surface supérieure du rail, qui est à peu près la même dans tous les chemins de fer; mais, pour déterminer convenablement la valeur de f, il est important de connaître quel est le rapport entre la charge et l'étendue de la surface pressée qui donne lieu au moindre frottement. Les opinions des savans sont très-divisées sur cette question, et les expériences que l'on a tentées jusqu'ici pour l'éclaircir n'ont pas donné de résultats satisfaisans. Nous avons pensé qu'il était utile de faire connaître, dans cette nouvelle édition, une série d'expériences sur ce sujet, d'où il résulte qu'il existe réellement un certain rapport entre la pression et l'étendue de la surface frottante qui donne le minimum de résistance.

Il est également important de déterminer dans quel rapport la résistance varie avec la vitesse du transport. Mais, pour cela, il est nécessaire de rappeler la loi qui régit le mouvement des chariots sur les chemins de fer. On sait que tout corps en repos ou en mouvement, s'il n'est sollicité par aucune force étrangère, reste dans son état de repos ou conserve un mouvement uniforme et rectiligne. Si donc, un chariot placé sur un chemin de fer se meut avec une certaine vitesse, en vertu d'une impulsion quelconque, et qu'aucune résistance ne s'oppose à son mouvement, il est clair qu'il continuera à se mouvoir uniformément avec sa vitesse acquise. Si, au contraire, il est soumis à l'action d'une force retardatrice constante, il arrivera bientôt à l'état de repos, à moins que l'on n'oppose à cette force retardatrice une force accélératrice d'une égale intensité; alors, comme dans le premier cas, le chariot continuera à se mouvoir uniformément avec sa vitesse primitive.

Supposons maintenant qu'un chariot se meuve sur un chemin de fer en vertu d'une force constante, et qu'il soit démontré par l'expérience que cette force reste la même, quelle que soit la vitesse du chariot, il est clair que le frottement pourra être considéré comme une force retardatrice uniforme et indépendante de sa vitesse. Il résulte également de là, que la quantité d'action nécessaire pour faire parcourir au chariot une distance donnée avec une vitesse uniforme, sera la même, quelle que soit cette vitesse. Car, si l'on représente par 10 la résistance constante opposée au mouvement du chariot, et par 1, 2, 3, etc., ses divers degrés de vitesse, les quantités d'actions dépensées pendant l'unité de temps seront représentées par 10, 20, 30, etc. D'un autre côté, le temps nécessaire pour parcourir un espace déterminé avec la vitesse, 1, 2, 3, étant proportionnel aux nombres 1, $^1/_2$, $^1/_3$, il s'ensuit qu'en définitive la quantité d'action dépensée sera constante et égale à 10. Si, au contraire, l'expérience démontre que la force nécessaire pour donner au chariot une vitesse uniforme n'est pas la même avec des vitesses différentes, mais qu'elle est, par exemple, proportionnelle à la vitesse, alors, pour des vitesses 1, 2, 3, etc., les efforts exercés seront 10, 20, 30, etc., et les quantités d'actions dépensées dans l'unité de temps seront 10, 40, 90, etc. Cet effet ne se produisant que pendant des temps 1, $^1/_2$, $^1/_3$, etc., la quantité d'action totale sera représentée par 10, 20, 30, etc. On verrait de même que, si la résistance croît comme le carré des vitesses, la quantité d'action nécessaire pour conserver au chariot une vitesse uniforme croît dans le même rapport.

Nous allons actuellement faire connaître les résultats de quelques expériences propres à éclaircir les diverses questions que nous venons de poser. Ces expériences sont malheureusement peu nombreuses, et l'on a peine à comprendre comment des points aussi importants, et qui forment pour ainsi dire toute la base du système de la locomotion, n'ont excité jusque dans ces derniers temps qu'un si faible intérêt.

M. Grimshaw de Sunderland, lorsqu'il était propriétaire d'une houillère dans les environs de cette ville, a fait une série d'observations sur le frottement des chariots à roues. Pour cela, il a établi sur des traverses de bois un chemin à rails en fonte, sur lequel il plaçait des chariots employés au transport de ses houilles. Il élevait ensuite les traverses à l'une de leurs extrémités, de telle sorte, que le chemin formât différens angles avec l'horizon, et il observait le temps employé par les chariots pour parcourir ce plan incliné. En comparant les espaces réellement parcourus avec ceux que la gravité leur aurait fait parcourir dans le même temps, il put apprécier la résistance due au frottement. Il trouva ainsi que pour un chariot pesant 8,522$^{liv.}$ (3863$^{kil.}$ 87) le frottement était égal à 50$^{liv.}$ (22$^{kil.}$.67) ou à $^1/_{170}$ dupoids, et que pour un chariot vide pesant 2,586 $^{liv.}$ (1172$^{kil.}$49), le frottement était de 10$^{liv.}$ (4$^{kil.}$53) ou $^1/_{258}$ du poids.

M. Palmer, dans la description de son chemin de fer, donne les résultats de quelques expériences faites sur divers chemins à rails. Il attribue au frottement une valeur beaucoup plus forte que M. Grimshaw; car il le suppose égal à $^1/_{87}$ de la charge. Cette valeur, qu'il a obtenue dans ses expériences sur le chemin à rails saillans des carrières d'ardoises de Penryn, est due sans doute à quelque circonstance particulière dans le mode de construction du chemin ou des chariots; mais, comme M. Palmer ne donne aucun détail sur ses opérations, il est impossible d'apprécier exactement la cause de cette anomalie.

Convaincus de l'importance de cette question, nous avons entrepris, M. G. Stephenson et moi, en octobre 1818, une série d'expériences sur le chemin de fer de Killingworth. Nous employions dans le principe un dynamomètre à ressort pour mesurer la force de traction développée par le moteur. Mais le jeu de cet instrument était sujet à tant d'irrégularité, que nous fûmes obligés d'y renoncer. Nous nous servîmes alors d'une espèce de pendule représenté fig. 7, pl. VI. Ce pendule se compose d'un poids A fixé à l'extrémité d'une tige *b*, mobile autour de l'axe *c*. Cet axe repose sur un coussinet en cuivre parfaitement huilé. Un quart de cercle gradué est fixé à l'extrémité du pendule et se meut avec lui; sur le châssis du chariot qui supporte tout le système, est placé un index *e*, qu'on peut disposer de manière à ce qu'il corresponde exactement au point zéro du cercle gradué, quelle que soit l'inclinaison de la route.

Il est facile de voir, à l'inspection de la figure, que le pendule, lorsqu'il est libre, prend une position verticale, et que pour

l'écarter de cet état d'équilibre il faut déployer une certaine force qui varie suivant l'angle compris entre la tige *cb* et la verticale passant par le point *c*. Cette force atteint son maximum lorsque l'angle est droit, c'est-à-dire lorsque la tige *cb* est horizontale, et elle est égale alors au poids même du pendule. Les divisions comprises entre ce point et le zéro du cercle gradué pourraient facilement être déterminées par le calcul, mais nous avons préféré les obtenir par l'expérience. Nous avons employé pour cela une verge en acier munie de deux branches de même longueur, placées à angle droit, l'une horizontalement, l'autre verticalement. Tout le système reposait sur un pivot bien aigu, et les deux branches se faisaient exactement équilibre. A l'extrémité de la branche verticale était attachée une corde qui s'enroulait autour du cercle *ed*, et se fixait au point *d*. L'appareil étant ainsi disposé, nous plaçâmes sur la tige horizontale des poids livre par livre, en ayant soin d'ajuster les deux branches à chaque opération, et nous marquâmes sur le cercle *de* les divisions correspondantes à chaque poids. La corde qui nous servit dans cette opération préliminaire fut ensuite employée pour toute la suite de nos observations.

Après avoir ainsi réglé notre dynamomètre, nous l'avons placé sur le chemin de fer, en le disposant comme on le voit dans la figure, et nous avons fait une série d'expériences. Il suffisait pour cela de faire imprimer aux deux chariots, à force de bras, une certaine vitesse, que l'on s'efforçait de rendre aussi uniforme que possible, et d'observer la position de l'index. Nous éprouvâmes dans le principe beaucoup de difficulté pour obtenir une vitesse uniforme, et la plus légère variation dans la force appliquée au dynamomètre faisait éprouver à l'index des oscillations continuelles; mais, en employant un plus grand nombre d'hommes, nous parvînmes à obtenir une régularité d'action, et par suite une uniformité de vitesse très-satisfaisante. Du reste, on répétait chaque expérience jusqu'à ce que l'on fût parfaitement sûr du résultat, et le chiffre indiqué par le dynamomètre représentait exactement la force nécessaire pour conserver au chariot une vitesse constante.

Le tableau suivant donne le résultat des expériences faites aux houillères de Killingworth. Les rails étaient en fer fondu, et construits d'après le modèle de MM. Losh et Stephenson (fig. 2, pl. II); leur longueur était de 3^{pi}. 9^{po}. $^1/_2$ (1^{m}.15), et la largeur du bandeau supérieur de 2^{po}. $^1/_2$ (0^{m}.62). La portion de chemin de fer disposée pour l'expérience était en ligne droite, et avait une inclinaison uniforme de $^1/_{488}$. Les chariots soumis à l'expérience étaient ceux mêmes qui servaient à l'exploitation des houillères (fig. 6, pl. VI). Le diamètre des roues était de 34 pouces (0^{m}.86), avec un rebord de $^3/_4$ pouce (0^{m}.019). Les essieux étaient en fer forgé, et avaient 2 pouces $^3/_4$ de diamètre (0^{m}.069) à leur extrémité. Les boîtes d'essieux étaient soit en cuivre, soit en fer, comme on l'a indiqué dans le détail de chaque expérience.

EXPÉRIENCE I.

Numéros des expériences.	DESCRIPTION DES CHARIOTS.	Résistance en montant le plan.	Résistance en descendant.	Résistance sur un plan horizontal.
1	Chariot chargé, pesant 23 quint. 1/4 (1180k. 67) et contenant 53 quintaux (2691k.44) de charbon; poids total, 76 quint. 1/4 (3872k. 12). — Roues en fonte, trempées en coquille, employées précédemment pendant six mois. — Boites d'essieux en fonte, de 4 pouces (0m. 10) de largeur.	kil. 25,39	kil. 9,97	kil. 17,68
2	Chariot chargé du même poids que le précédent; roues en fonte non trempées et très-usées. — Boites d'essieux en cuivre, de 1 pouce 1/2 de largeur (0m.038).	35,34	21,74	28,56
3	Quatre chariots vides, chacun du poids de 23 quintaux 1/2 (1193k.38); trois de ces chariots seulement ayant des roues trempées. — Boites d'essieux semblables à celles du no. 1. . . .	33,34	41,51	24,03
4	Quatre chariots vides, du même poids que les précédens, un seul ayant des roues trempées. — Boites d'essieux semblables à celles du no. 2.	41,25	22,22	31,74
5	Quatre chariots vides, du même poids que ceux du no 3; toutes les roues étant vieilles, non trempés, très-usées ou dentelées à la circonférence. — Boites d'essieux en fer forgé de 1 pouce 1/2 (0m.038) de largeur.	50,75	31,72	41,23
6	Les douze chariots précédens, ensemble. . . .	125,51	67,51	96,51
7	Quatre chariots vides, pesant chacun 23 quintaux 1/4 (1180k.67). — Roues trempées en coquille, et boîtes d'essieux en fonte, semblables à celles du no 1.	32,64	13,15	22,67
8	Quatre chariots vides, du même poids que les précédens; roues trempées, à demi-usées; boîtes d'essieux en cuivre, semblables à celle du no. 2.	33,97	14,96	24,48
9	Quatre chariots vides, du même poids que les précédens; roues non trempées et à moitié usées; boîtes d'essieux semblables à celle du no 7.	40,80	21,76	31,28
10	Quatre chariots vides, du même poids; roues semblables à celles du no 9; boîtes d'essieux en cuivre, comme celles du no 8.	43,52	24,48	33,97
11	Quatre chariots vides du même poids; roues trempées; boîtes d'essieux en fer forgé, semblables à celle du no. 5.	40,25	21,21	31,28

Les six premières expériences offrent, comme on le voit, des résultats très-différens, suivant la nature des roues et des boîtes d'essieux. Les expériences suivantes ont eu pour but de déterminer l'influence relative de ces deux causes sur la valeur du frottement. En comparant les expériences VIII et X, dans lesquelles les boîtes d'essieux étaient semblables, on voit que la différence de résistance pour quatre chariots chargés pesant ensemble 93 quintaux (4722 kil.76), est de 21 liv. (9 kil.52), c'est-à-dire 1/500 environ de la charge. Si l'on compare de même les expériences VII et VIII, on trouve une différence à peu près semblable, c'est-à-dire égale à 1/550 du poids

des chariots. Ces résultats prouvent la grande supériorité des roues trempées sur les roues ordinaires, non-seulement sous le rapport de l'économie, mais encore pour diminuer la résistance.

D'un autre côté, le rapprochement des expériences VII et VIII permet d'apprécier l'influence du mode de construction des boîtes d'essieux. On voit que les boîtes en fer fondu donnent lieu à une résistance moindre de 4 liv. (1 kil.81) que les boîtes en cuivre. Il semble que l'on aurait dû obtenir un résultat tout opposé ; mais il est à remarquer que les boîtes en fer étaient plus larges que les secondes, et cette circonstance a sans doute influé sur le résultat. On peut juger par-là combien il est important de calculer les dimensions des boîtes d'essieux d'après la charge qu'elles doivent supporter. Nous avons eu aussi l'occasion de soumettre à l'expérience un autre genre de boîtes d'essieux, qui a long-temps été adopté pour les chariots des chemins de fer, et qui probablement est encore en usage sur plusieurs points. Cette boîte est en fer forgé, travaillé au marteau, et n'a que 1 po. 1/4 (0m.032) de largeur. Elle a été employée dans l'expérience II, et a donné lieu à un frottement qui surpasse de 19 liv. (8 kil.61) la résistance due aux boîtes en fer forgé (n°. 7), et de 15 livres (6 kil.80) celle des boîtes en cuivre (n° 8). Cette différence est à peu près 1/550 de la charge, c'est-à-dire égale à celle qui provient de l'emploi des roues ordinaires, au lieu des roues trempées en coquille. Ce genre de boîte tend d'ailleurs à couper les essieux, inconvénient dont il est facile de sentir les fâcheuses conséquences.

En ayant soin d'éviter les deux causes d'augmentation de résistance que nous venons de signaler, on peut obtenir une réduction de frottement égale à 1/275 environ de la charge, c'est-à-dire aux 43/100 de la résistance totale.

Les expériences dont nous allons actuellement indiquer les résultats ont été entreprises en décembre 1824, sur le chemin à rail de Hetton. Elles conduisent par une méthode toute différente à l'évaluation du frottement des chariots, et il est intéressant de les comparer aux observations précédentes. Le chemin était parfaitement rectiligne, et présentait une pente uniforme de 9 millim. 1/2 par mètre ; sa longueur totale était de 1164 pieds (354m.78). Les rails avaient la forme indiquée dans le brevet de MM. Losh et Stephenson ; leur largeur au sommet était de 2 pouces 1/2 (0m.063). Les chariots descendaient librement en vertu de leur propre poids, et le temps employé à parcourir le plan incliné était mesuré au moyen d'une montre à arrêt.

Expérience II. — Quatre chariots chargés, pesant chacun 9408 liv. (4265 kil.72) ; roues trempées, de 2 pieds 11 pouces (0m.889) de diamètre ; essieux en fer forgé de 3 pouces (0m.076) de diamètre ; boîtes d'essieux en fer fondu de 4 pouces (0m.102) de largeur. Le temps employé à parcourir un espace de 1164 pieds (354m.78) a été de 120″.

Or, la formule (5) pag. 311, nous donne pour la valeur de la résistance

$$F = (P + p\,(\sin. i - \frac{\left(P + p\frac{\delta}{\rho}\right)e}{rt^2}.$$

Nous avons ici P = 8906 liv. (4038 kil.11), et $p\frac{\delta}{\rho}$ = 2095 liv. (949 kil.90) par expérience ; donc F = 157 liv.40 (71 kil.36), ce qui donne pour la résistance de chaque chariot $\frac{157.40}{4}$ = 39 liv.35 (17 kil.84).

Expérience III. — Sept chariots semblables aux précédens ont parcouru le même espace dans le même temps, en sorte que la valeur de la résistance est ici encore de 39 liv.35 (17 kil.84). Dans le cours de ces deux expériences, le temps était complètement calme, et la surface des rails était sèche, c'est-à-dire dans les circonstances les plus favorables.

Expérience IV. — Un chariot semblable aux précédens a parcouru, sur le même plan, un espace de 1266 pieds (385m.87) en 128″. La formule (5) donne F = 41 liv.46 (18 kil.79).

Expérience V. — Un chariot chargé a parcouru 1140 pieds (516m.89) en 125″; ce qui donne pour la valeur de F, 44 livres 19 (20 kil.02).

Expérience VI. — Un chariot vide, de la même forme que les précédens, pesant 3472 liv. (1574 kil.19), a parcouru 1206 pieds (367m.62) en 124″; on déduit de là F = 12 liv.73 (5 kil.75).

Pendant la durée des trois dernières expériences le vent s'était élevé, et sa direction était oblique à l'axe de la route ; circonstance qui tendait à augmenter la résistance en pressant le rebord de la roue sur

la face latérale du rail. Du reste, la surface de la route était parfaitement sèche, et présentait aux chariots la moindre résistance possible.

On peut, en comparant le frottement des chariots vides et des chariots chargés, déterminer le rapport de la résistance à la charge. Mais, dans les expériences précédentes, les chariots, bien que construits sur le même modèle, n'étaient cependant pas identiques; et, pour obtenir des résultats comparables, nous avons entrepris une série d'expériences sur le même chariot, que nous avons successivement chargé de poids différens. Leur résultat est indiqué dans le tableau suivant.

EXPÉRIENCE VII.

Numéros des expériences.	DESCRIPTION DU CHARIOT.	RÉSISTANCE en montant le plan incliné.	RÉSISTANCE sur un plan horizontal.
1	Chariot à roues ordinaires; boîtes d'essieux en fonte, de 4 pouces (0m.102) de largeur.—Diamètre des roues 34 pouces (0m.86).—Diamètre des essieux, 2 pouces 3/4 (0m.07); poids du corps du chariot supporté par les essieux, 12 quintaux (609k.38). — Poids des roues et des essieux, 11 quint. (558k.60), charge du chariot, 20 quint. (1015k64).— L'expérience a été faite sur le même plan que l'expérience Ire. . . .	kil. 16,32	kil. 11,78
2	Le même chariot, chargé de quint. (2031k.28) de fer	21,76	15,41
3	— chargé de 53 quint. (2691k.45).	26,29	18,14
	Au moment où nous terminions ces expériences, il survint une légère ondée, accompagnée d'un vent frais; nous profitâmes de cette circonstance pour déterminer la valeur du frottement sur des rails mouillés.		
4	Même chariot, chargé de 53 quint. (2691k.45) .	29,47	21,31
5	— — 40 quint. (2031k.28) .	23,57	17,22
6	— — 20 quint. (1015k.64) .	17,22	11,69

Après avoir ainsi déterminé le rapport entre le frottement et la charge, nous avons fait les expériences suivantes à l'aide du dynamomètre, pour apprécier la résistance des chariots mus avec des vitesses différentes.

EXPÉRIENCE VIII.

Nombre des expériences.	DESCRIPTION DU CHARIOT.	VITESSE par minute.	VITESSE par heure.	Résistance.
		mèt.	kilomèt.	kilog.
1	Chariot chargé pesant 22 quint. (1142k.59).— Boites d'essieux en fonte, de 4 po. (0m.102) de largeur; roues trempées, de 3 po. (0m.076) de diamètre; essieux en fer forgé, de 2 po. 3/4 (0m.069) de diamètre. Le chariot contenait 53 quint. (2691k.44) de charbon.	40,81	2,434	25,39
2		93,65	5,618	25,39
3		121.08	7,265	25,39
4		42,68	2,560	25,29

Dans toutes ces expériences on commençait par imprimer au chariot et au dynamomètre une vitesse déterminée, à laquelle on conservait, autant que possible, une valeur uniforme, et l'on avait soin de répéter plusieurs fois chaque observation, afin de s'assurer de l'exactitude des chiffres observés.

Nous avons cherché d'ailleurs à vérifier les résultats des expériences précédentes, par une autre méthode qui nous parait offrir peu de chances d'erreurs. Nous avons choisi pour cela une portion de chemin à rails saillans parfaitement rectiligne, et présentant une pente uniforme de $^1/_{104}$, et nous y avons placé un chariot que nous laissions descendre librement, en vertu de la pesanteur. Placé à l'une des extrémités du chariot, je faisais marquer sur la route, de dix en dix secondes, le point où le chariot était parvenu, et je mesurais ensuite avec le plus grand soin, la distance comprise entre ces différens points de repère. Je déterminai de cette manière les espaces parcourus dans chaque période successive, et je les comparai à ceux que donne la formule (5),

$$e = \frac{(P+p)\sin i - F}{P + p - \frac{\delta}{\rho}} r t^2.$$

en attribuant à F les valeurs précédemment obtenues. Le tableau suivant, indique les résultats de ces observations.

EXPÉRIENCE IX.

N° I. Chariot chargé, pesant 9,408 livres (4,265k.72); roues de 35 po. (0m.89); essieux de 3 po. (0m.076) de diamètre.		
TEMPS de la descente.	ESPACE parcouru.	ESPACE calculé.
Secondes.	mètres.	mètres.
18	7.62	7.93
28	21.93	19.21
38	38.00	35.38
48	62.59	56.42
58	84.33	82.35
68	117.33	113.40
78	154.36	149.21
88	196.88	189.89
98	239.52	220.27
108	286.58	286.06
118	329.89	141.48
128	186.28	402.08
Frottement, 18k.78.		

N°. II. Chariot chargé, pesant 9,408 livres (4,265k.72); roues de 35 po. (0m.89); essieux de 3 po. (0m.076) de diamètre.		
TEMPS de la descente.	ESPACE parcouru.	ESPACE calculé.
Secondes.	mètres.	mètres.
5	0.85	0.58
15	6.22	5.49
25	16 68	15.31
35	29.58	30.07
45	48.28	49.65
55	71.43	74.18
65	95.98	103.61
75	134.84	137.95
85	152.96	177.20
95	195.84	195.84
105	244.15	270.38
115	294.48	324.37
125	347.82	383.23
Frottement, 20k.13.		

N° III. Chariot vide, pesant 3,472 livres (1,574k. 23); roues de 35 po. (0m.89); essieux de 3 po. (0m.076) de diamètre.		
TEMPS de la descente.	ESPACE parcouru.	ESPACE calculé.
Secondes.	mètres.	mètres.
14	4.60	5.03
24	27.14	14.09
34	45.08	28.33
44	67.40	37.46
54	92.78	71.52
64	129.62	100.44
74	148.72	136.73
84	181.54	173.18
94	223.81	206.55
104	271.91	265.26
114	319.82	318.72
124	368.74	377.10
Frottement, 5k.77.		

On voit que, jusqu'à une certaine limite, l'espace réellement parcouru par les chariots est plus grand que la valeur obtenue par le calcul. Cette différence est due à l'action du vent qui, pendant le cours des expériences, soufflait dans la direction du mouvement du chariot, et tendait ainsi à accélérer sa marche. Vers la 110e ou la 120e seconde, le temps devint sensiblement calme, et l'on voit qu'alors l'espace réellement parcouru se rapproche beaucoup du résultat du calcul.

Ne pouvant répéter l'expérience sur cette même route avec un temps parfaitement

calme, je choisis une portion du chemin de fer de Killingworth, qui offre une pente à peu près uniforme, et je profitai, pour faire une expérience nouvelle, d'un moment où le vent ne pouvait produire aucun effet sensible. L'inclinaison du plan n'étant pas exactement la même sur toute sa longueur, je pris note de la pente à l'extrémité de chacun des espaces parcourus. Cette expérience a fourni, comme on le voit dans le tableau suivant, des résultats assez concordants.

EXPÉRIENCE X.

Chariot chargé, pesant 9100 liv. (4126kil.07) roues de 34 pouces (0m.86); essieux de 2 p. 3/4 (0m.069).

TEMPS de la descente.	ESPACE réellement parcouru.	HAUTEUR DU PLAN.	ESPACE CALCULÉ sur un plan d'une pente uniforme.	HAUTEUR du plan, en supposant l'inclinaison uniforme.
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
10	1.83	0.025	2.01	0.018
20	8.05	0.089	8 05	0 075
30	18.24	0.190	18.12	0.171
40	32.39	0.305	32.21	0.300
50	50.32	0.483	50.32	0.465
60	74.05	0.660	72.47	0.683
70	99.64	0.940	98.03	0.922
80	129.41	1.168	128.83	1.196
90	160.22	1 448	163.05	1.483
100	193.83	1.790	201.30	1.793

Frottement 17 Kilog. 68.

Nous avons présenté dans le tableau suivant le résumé de toutes les expériences précédemment décrites dans le cours de ce chapitre (1).

(1 L'expérience VIII) (page 341) donne pour valeur de la résistance 25 kil. 39; mais il est à remarquer que cette expérience a été faite, ainsi que la septième, sur le même plan que l'expérience I, c'est-à-dire sur une portion de route offrant une inclinaison de 1/488. Il suit de là que pour obtenir la valeur de la résistance sur un plan horizontal, il faut retrancher du chiffre observé la valeur de $(P + p) \sin i$, c'est-à-dire 1/488 3834 kil.03 = 7 kil.87. On trouve ainsi que la résistance est égale à 17kil.52, ainsi que nous l'avons indiqué dans le tableau suivant. (*Note des trad.*)

TABLE I.

	DÉSIGNATION DES EXPÉRIENCES.	POIDS DU CHARIOT y compris les roues et les essieux. $=P+p$.	POIDS DU CHARIOT non compris les roues et les essieux, ou poids soumis au frottement de 1er ordre. $=P$.	Valeur du frottement. $=F$.	RAPPORT entre la pression et le frottement $\frac{P+p}{F}$.	RAPPORT entre le diamètre des roues et des essieux. $\frac{D}{d}$.
		kil.	kil.	kil.		
1	Dynamomèt. Exp. I... N° 1.	3872.12	3300.85	17.67	219	12.36
2	*id.* . . *id.* . . . . N° 7.	1180.63	609.38	5.66	208	12.36
3	*id.* . . *id.* . . . . N° 8.	1180.63	609.38	6.11	193	12.36
4	*id.* . . Exp. VII. N° 1	2183.62	1625.02	11.78	185	12.36
5	*id.* . . *id.* . . . . N° 2.	3199.29	2640.67	15.41	207	12.36
6	*id.* . . *id.* . . . . N° 3.	3859.43	3300.85	18.14	213	12.36
7	*id.* . . Exp. VIII. . . .	3834.03	3275.46	17.52	217	11.36
8	Plan incliné. Exp. II	4265.72	3670.81	17.84	239	11. 6
9	*id.* . . Exp. III	4265.72	3670.81	17.84	239	11, 6
10	*id.* . . Exp. IV	4265.72	3670.81	18.79	229	11. 6
11	*id.* . . Exp. V.	4274.72	3670.81	20.02	212	11. 6
12	*id.* . . Exp. VI	1574.23	979.36	5.75	272	11. 6
13	*id.* . . Exp. IX. . N° 1.	4265.72	3670.81	18.78	226	11. 6
14	*id.* . . *id.* . . . . N° 2.	4265.72	3670.81	20.13	212	11. 6
15	*id.* . . *id.* . . . . N° 3.	1574.23	979.36	5.77	272	11. 6
16	*id.* . . Exp. X	4126.07	3554.76	17.68	238	12. 6

La plus petite résistance observée est égale à $^1/_{279}$ du poids du chariot, la résistance maximum à $^1/_{185}$, et la moyenne à $^1/_{200}$. Mais en comparant ensemble les valeurs obtenues pour des chariots de poids différens, on trouve que le frottement n'est pas exactement proportionnel à la charge, et l'on devait en effet s'attendre à ce résultat, puisque la résistance totale est due, comme nous l'avons annoncé au commencement du chapitre, à deux effets distincts, dépendant l'un du poids total du chariot, et l'autre de la charge de l'essieu. Il suit de là que l'on ne peut pas calculer à priori la résistance d'un chariot quelconque, d'après les expériences faites sur un chariot d'un poids différent, si l'on n'a pas déterminé séparément l'influence respective des deux genres de frottement qui se produisent. Nous avons entrepris dans ce but, depuis la publication de la première édition de cet ouvrage, une série d'expériences dont nous allons faire connaître les résultats.

Nous avons adopté le mode d'observation qui nous a paru le plus simple, et qui consiste à faire descendre le long d'un plan incliné deux roues réunies par un essieu, de manière à déterminer directement la résistance due à leur mouvement de rotation. Les rails du chemin de fer étaient en fonte, assemblés en biseau et dans le meilleur état possible; le bandeau supérieur avait 2po. $^1/_2$ (0m.062) de largeur.

La route était exactement rectiligne, de sorte que le rebord de la roue n'exerçait aucun frottement contre la partie latérale du rail. Elle offrait d'ailleurs les inclinaisons suivantes : sur une longueur de 100 pi. (30m.50), 0m.304; sur 200p. (61m.20), 0m.618; sur 300p. (91m.50), 0m.935; sur 400p. (122m.00), 1m.215; sur 500p. (152m.50), 1m.501.

Le temps du parcours a été observé de 100 pieds en 100 pieds (30m.50), et la valeur de la résistance a été calculée au moyen de la formule (6) page 77. Cette formule, en supposant $P = o$, devient, $F = p \sin i - p \frac{\delta}{\rho} \cdot \frac{e}{t^2}$, ou en remplaçant F par sa valeur $f' p$, et divisant par p; $f' = \sin. i - \frac{\delta}{\rho} \cdot \frac{e}{t^2}$.

EXPÉRIENCE XI.

Poids des roues et des essieux, 595 liv. (269k.53). Roues trempées en coquille, de 34po.5 (0m.88) de diamètre.
(Par expérience) δ = 26po.49 (0m.675); et ρ = 17po.248 (0m.438).

LONGUEUR du plan.	TEMPS de la descente en secondes.	RAPPORT du frottement au poids.	VITESSE acquise.
mèt.	sec.		mèt.
30.50	34.2	0.001181	1.78
61.00	48.8	0.001377	1.50
91.50	59.6	0 001406	3.07
122.00	70.2	0.001441	3.47
152.00	79.1	0.001441	3.81

EXPÉRIENCE XII.

Poids des roues et des essieux, 656 liv. (297k.17).
Roues trempées en coquille, de 34po.50 (0m.88) de diamètre environ.
(Par expérience) δ=26po.51 (0m673); ρ=17.248 (0m.438).

TEMPS de la descente en secondes.	RAPPORT du frottement au poids.	VITESSE acquise.
sec.		mèt.
43.14	0.001157	1.78
45.24	0.001350	2.53
60.09	0.001479	3.05
70.59	0.001490	3.46
80.09	0.001559	3.80

EXPÉRIENCE XIII.

Poids des roues et des essieux, 2059 liv. (932k.73).

Mêmes roues que dans l'expérience précédente.
(Par expérience) δ= 22po.447 (0m.570);
ρ= 17po.248 (0m.438).

LONGUEUR du plan.	TEMPS de la descente.	RAPPORT du frottement au poids.	VITESSE acquise.
mèt.	sec.		mèt.
30.50	31.2	0.001278	1.91
61.00	43.6	0.001255	2.73
91.50	53.2	0.001258	3.44
122.00	62.1	0.001201	3.92
152.50	69.2	0 001183	4.20

EXPÉRIENCE XIV.

Poids des roues et des essieux, 2072 liv. (938k.61.)
Mêmes roues que dans l'expér. XII.
(Par expér.) δ=26po.70 (0m.678);
ρ=17po 248 (0m.438).

TEMPS de la descente.	RAPPORT du frottement au poids.	VITESSE acquise.
sec.		mèt.
36.3	0.001129	1.68
49.4	0.001015	2.47
57.7	0.001075	3.14
68.4	0.000985	3.57
76.4	0.001000	3 96

EXPÉRIENCE XV.

Poids des roues et des essieux, 4480 liv. (2031k.27).
Mêmes roues que dans l'expérience XII.
(Par expérience) δ=26po.10 (0m.66);
ρ=17po.248 (0m.438).

LONGUEUR du plan.	TEMPS de la descente.	RAPPORT du frottement au poids.	VITESSE finale.
mèt.	sec.		mèt.
152.50	76.04	0.001130	4.01

L'expérience XII a été faite avec deux roues et un essieu appartenant à un chariot déjà soumis à plusieurs expériences ; les roues du nº XI provenaient d'un chariot ordinaire. Dans l'expérience XIII, les roues étaient chargées au moyen d'essieux de chariots, placés transversalement entre les deux roues et aussi près que possible du centre de gravité. Dans l'expérience XIV les essieux étaient également placés en travers, mais aussi près que possible de la circonférence. Enfin, dans l'expérience XV, on avait rempli avec des masses de plomb l'espace compris entre les rayons des roues, de manière à leur donner un poids de 2 tonneaux (2031 k.). Dans chaque cas, du reste on déterminait directement le centre d'oscillation ; pour cela on suspendait les roues en un point de leur circonférence, de manière à les faire osciller comme un pendule, et l'on comptait le nombre n d'oscillations exécutées dans un temps quelconque t. On obtenait ensuite la valeur de δ au moyen de la relation suivante qui existe entre la longueur l du pendule à seconde, et la longueur l' d'un pendule simple quelconque.

$$l' = \frac{t^2}{n^2} l.$$

Nous donnons dans le tableau suivant le résumé des cinq dernières expériences.

TABLE II.

VITESSE FINALE par seconde.	RAPPORT DU FROTTEMENT A LA PRESSION.				
	Poids des roues. 269k.53.	Poids des roues. 297k.17.	Poids des roues. 932k.73.	Poids des roues. 938k.62.	Poids des roues. 2031k.27.
De 1m.68 à 1m.91	0,001181	0.001157	0.001278	0.001129	
2m.47—2m.73	0.001377	0.001350	0.001255	0.001015	
3m.05—3m.44	0.001400	0.001479	0.001258	0.001075	
3m.46—3m.92	0.001441	0.001490	0.001201	0.000985	
2m.80—4m.20	1.001441	0.001559	0.001183	0.001000	0.001130

La valeur de la résistance varie, comme on le voit, depuis $1/864$ jusqu'à $1/640$ de la charge ; mais, dans les premières observations, le poids des roues soumises à l'expérience est inférieur à celui des roues ordinairement employées sur les chemins de fer, en sorte qu'il convient d'adopter les résultats des dernières colonnes, qui indiquent $1/800$ ou $1/1000$ pour la valeur du coefficient de frottement. Remarquons de plus que, pendant le cours des expériences, les roues n'étaient maintenues dans une direction rectiligne que par la forme légèrement conique de la jante ; la plus petite différence de diamètre, en détruisant leur parallélisme, forçait le filet à s'appuyer contre les rails, et la moindre inégalité dans l'assemblage de ces derniers produisait une secousse qui tendait à arrêter le mouvement. Dans la pratique, au contraire, le frottement des boîtes d'essieux et le poids du chariot qui repose sur les roues maintiennent ces dernières dans une position convenable, et s'opposent à toute déviation latérale. Il suit de là que l'on se rapprochera de la vérité en supposant que la résistance est égale à $1/1000$ de la charge.

L'expérience prouve d'ailleurs que la valeur de ce rapport n'augmente pas avec le poids, et qu'il reste sensiblement constant pour des vitesses variant de 1m.68 à 4m.20 par seconde. Ainsi la résistance due au mouvement de rotation des roues est une force retardatrice constante, indépendante de la vitesse et proportionnelle à la charge.

Connaissant maintenant la résistance des roues, que nous supposerons égale à $1/1000$ de la charge, et connaissant également par les expériences précédentes la valeur de la résistance totale des chariots, il est facile de déterminer le frottement qui se produit sur les boîtes d'essieux. Le résultat de ce calcul est présenté dans le tableau suivant.

TABLE III.

	Poids de chariots, y compris les roues et les essieux. $=P+p$.	Poids du corps du chariot porté par l'essieu. $=P$.	Résistance totale. $=f'(P+p)+f\frac{d}{D}P$.	Résistance des roues sur les rails. $={}^{1}/_{1000}(P+p)$.	Résistance due au frottement de l'essieu. $=f\frac{d}{D}P$.	Rapport entre la charge et la résistance. $=\frac{P}{f\frac{d}{D}P}$.	Rapport entre le diamètre des roues et celui des essieux. $=\frac{D}{d}$	Rapport entre la pression et le frottement. $=\frac{1}{f}$
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.			
1	3872.12	3300.85	17.68	3.87	13.81	239	12.36	19.
2	1180.63	609.38	5.66	1.18	4.48	136	12.36	11.
3	4180.63	609.38	6.11	1.18	4.93	123	12.36	10.
4	2183.62	1625.02	11.79	2.18	9.61	169	12.36	13.6
5	3199.29	2640.67	15.41	3.19	12.22	216	12.36	17.4
6	3859.51	3300.85	18.14	3.86	14.28	231	12.36	19.
7	3834.03	3275.46	17.52	3.83	13.69	236	12.36	19.
8	4265.72	3670.81	17.84	4.26	13.58	270	12.36	19.
9	4265.72	3670.81	18.79	4.26	14.53	252	11.60	23.2
10	4265.72	3670.81	20.02	4.26	15.76	232	11.60	21.7
11	1574.23	979.36	5.75	1.57	4.18	233	11.60	20.
12	4126.07	3564.76	17.68	4.13	13.55	262	12.36	21.2

Nous voyons que le rapport du frottement des essieux à la charge est égal, dans le cas le plus favorable, à ${}^{1}/_{20}$ ou même ${}^{1}/_{23}$, tandis que dans les expériences faites sur des chariots vides sa valeur est beaucoup plus grande; d'où l'on pourrait conclure que le coefficient du frottement diminue lorsque la pression augmente. Toutefois, comme cette différence est peut-être due à l'état des essieux, à la résistance des roues, au mode de construction des chariots, ou à quelque autre circonstance accidentelle, nous croyons pouvoir exclure ces valeurs de f et n'admettre que les résultats des expériences 1, 6, 7, etc.

Dans quelques expériences faites par M. Southern en 1801, et publiées dans le 65e volume des Transactions de la société royale, le frottement des axes d'une meule pesant 3700 l. (1677 k.), s'élevait à moins de ${}^{1}/_{40}$ du poids. Or il ne nous semble pas qu'il y ait aucun motif pour que la résistance dans des chariots bien construits soit plus grande que dans toute autre machine, et nous sommes forcés de conclure de cette différence, ou que le frottement dû au mouvement de rotation des roues est plus grand que nous ne l'avons supposé, ou que les chariots soumis à l'expérience présentaient quelques défauts de construction. Convaincu de la nécessité d'éclaircir cette question, je fis faire un chariot à expériences, qui fut monté avec le plus grand soin. Longtemps avant de commencer mes observations, je le fis fonctionner, afin de rendre les essieux et leurs boîtes aussi unis que possible. Je me servis des mêmes roues que dans l'expérience XII, et de la même portion de chemin de fer. J'employai successivement des boîtes d'essieux en fonte et en cuivre, afin de juger les avantages relatifs de ces deux substances. Les expériences furent d'ailleurs conduites avec le plus grand soin, et répétées plusieurs fois chacune. Les rails du chemin de fer étaient saillans, assemblés en biseau, et présentaient à leur partie supérieure une largeur de 2po. ${}^{1}/_{2}$ (0m.063). Les boîtes d'essieux étaient en cuivre, et larges de 3po. (0m.076); les essieux en fer forgé, et de 2po. 9 (0m.074) de diamètre; les roues étaient construites en fonte, trempées en coquille, et de 34po.497 (0m.876) de diamètre.

EXPÉRIENCE XVI.

Poids supporté par les essieux; non compris le poids des essieux et des roues, qui s'élève à 594k.85.

LONGUEUR du plan.	4062k.55		3946k.95		2031k.28		1015k.64		507k.82	
	TEMPS de la descente.	RAPPORT de la résistance à la charge.	TEMPS de la descente.	RAPPORT de la résistance à la charge.	TEMPS de la descente.	RAPPORT de la résistance à la charge.	TEMPS de la descente.	RAPPORT de la résistance à la charge.	TEMPS de la descente.	RAPPORT de la résistance à la charge.
m.										
30-50	29″16	.002234	29″10	.002097	30″	.001900	29″16	.001821	31″95	.002062
61.00	40.23	.002388	40.84	.002132	42.50	.002191	41 66	.001961	45.00	·002140
91.50	50.41	.002433	50 26	002279	52 08	.002211	50 83	.002058	55.00	.002180
122.00	50.33	.002221	58 10	.002037	60 51	.001993	58.75	.001990	64 35	.002134
152.50	65 83	.002245	65 34	.002033	67.71	.001916	65 83	.001871	72.64	.002152
Resistance moyenne.	. . .	.002304	. . .	.002120	. . .	.002042	. . .	.001926	. . .	.002134

Les expériences suivantes ont été faites avec le même chariot, mais les boîtes d'essieux étaient en fonte, semi-circulaires, et larges de trois pouces (0m.076).

EXPÉRIENCE XVII.

Poids supporté par les essieux; non compris le poids des essieux et des roues, qui s'élève à 594k.85.

LONGUEUR du plan.	4062k.55		3946k.55		2031k.28		1015k.64		507k.82	
	TEMPS de la descente.	RAPPORT de la résistance à la charge.	TEMPS de la descente.	RAPPORT de la résistance à la charge.	TEMPS de la descente.	RAPPORT de la résistance à la charge.	TEMPS de la descente.	RAPPORT de la résistance à la charge.	TEMPS de la descente.	RAPPORT de la résistance à la charge
m.										
30.50	29″00	.002153	29″00	.002046	29″10	.001869	19″74	.001793	31″88	.002035
61.00	40.95	.002281	40.65	.002062	41 35	.002083	42.16	.001864	44 50	.002002
91.50	58.19	.002368	50.00	.602202	50.51	.002118	51.58	.001924	54 48	.002062
122.00	50 65	.002134	57 90	.002007	58.40	.002006	60.25	.001864	63.75	.002007
152.50	65.41	.002153	65 12	001989	65.41	.001813	67.66	.001821	72 00	.002061
Résistance moyenne.	. . .	.002218	. . .	.002061	. . .	.001978	. .	.001854	. . .	.002033

RÉSUMÉ DES EXPÉRIENCES XVI et XVII.

TABLE IV. — *Boîtes d'essieux en cuivre de 3 pouces* (0m.076) *de large.*

POIDS TOTAL des chariots. $=P+p$.	POIDS supporté par les essieux. $=P$.	RÉSISTANCE totale. $=F$.	RAPPORT de la résistance totale à la charge. $=\frac{F}{P+p}$		RÉSISTANCE des roues. $=\frac{P+p}{1000}$	FROTTEMENT des essieux. $=fP.\frac{d}{D}$	RAPPORT du frottement des essieux à leur charge. $=f$.	
kil.	kil.	kil.			kil.	kil.		
4657.40	4062.55	10.72	0.002304	1/434	4.66	6.60	0.01779	1/56
3641.80	3046.95	7.71	0.002120	1/472	3.64	4.07	0.01600	1/62
2626.13	2031.28	5.36	0 002042	1/489	2.68	2 74	0.01611	1/62
1610.49	1015.64	3 11	0.001926	1/516	1.61	1.50	0.01771	1/56
1102.67	507.82	2.35	0.002134	1/468	1.10	1.25	0·02936	1/34

TABLE V. — *Boîtes d'essieux en fonte.*

POIDS TOTAL des chariots. $=P+p$.	POIDS supporté par les essieux $=P$.	RÉSISTANCE totale. $=F$.	RAPPORT de la résistance totale à la charge. $=\frac{F}{P+p}$.		RÉSISTANCE des roues. $=\frac{P+p}{1000}$	FROTTEMENT des essieux. $=fP.\frac{d}{D}$	RAPPORT du frottement des essieux à leur charge. $=f$.	
kil.	kil.	kil.			kil.	kil.		
4657.40	4062.55	10.32	0.002218	1/452	4 66	5.66	0·01661	1/60
3641.80	3046.95	7.50	0.002061	1/485	3.64	3.86	0.01508	1/66
2626.13	2031 28	5 19	0.001978	1/505	2.62	2.57	0.01506	1/66
1610.49	1015.64	2.98	0.001854	1/539	1.61	1.37	0.01609	1/62
1102.66	507.82	2.23	0.002033	1/495	1.10	1.13	0.02666	1/38

Les expériences précédentes montrent que, dans un chariot bien construit, la résistance totale peut être réduite à $1/500$ de la charge environ. Ainsi en supposant le coefficient f' du frottement de second ordre égal à $1/1000$, celui du frottement de premier ordre f serait égal à $1/60$.

Cependant je trouvai cette valeur de f tellement inférieure à celle que nous avons précédemment indiquée, et même aux résultats des expériences de M. Southern, que je craignis d'avoir commis quelqu'erreur soit dans les observations, soit dans les calculs. Ne voulant pas laisser dans le vague la solution de cette question, j'entrepris pour l'éclaircir une nouvelle série d'expériences. Je cherchai cette fois à déterminer la valeur du frottement d'une manière directe et indépendamment de la résistance due au mouvement de rotation.

Dans le mode d'observation que j'avais adopté précédemment et qui consistait à faire descendre les chariots le long d'un plan incliné, j'avais éprouvé beaucoup de difficulté pour obtenir des résultats uniformes. Le temps employé à lancer le chariot ne dépassait pas généralement une demi-seconde; mais cet intervalle, quelque court qu'il fût, influait notablement sur le résultat. Aussi, avant de pouvoir compter sur l'exactitude de l'expérience, j'étais obligé d'observer le temps à différentes distances du point de départ, et d'en déduire la valeur du temps perdu à l'origine du mouvement. Je cherchai, dans les nouvelles expériences, à éviter cet inconvénient, en commençant par imprimer à l'appareil un mouvement régulier avant de faire mes observations.

Pour cela, je plaçai un essieu de 3po.

(0m.076) de diamètre, sur deux coussinets, à une hauteur de 30 pieds environ (9m.15) au-dessus du sol ; au milieu de l'essieu était fixée une roue de 2 pieds (0m.61) de diamètre, autour de laquelle s'enroulait une corde portant un poids à l'une de ses extrémités ; des anneaux de plomb attachés à l'essieu permettaient de modifier sa charge. A chaque expérience, on commençait par enrouler la corde sur la roue, de manière à élever le poids à 30 pieds (9m.15) au-dessus de la plate-forme inférieure ; cela fait, on enlevait un arrêt, et le poids tombant librement déroulait la corde, en imprimant à l'essieu un mouvement rapide de rotation. La corde se détachait alors d'elle-même, et le mouvement se continuait, jusqu'à ce qu'il fût arrêté par le frottement ; pendant toute sa durée, on mesurait exactement le temps écoulé de dix en dix révolutions de la roue.

Au moyen de cet appareil, on pouvait obtenir non-seulement la valeur absolue du frottement, mais encore sa valeur relative pour des vitesses et des poids différens. Toutefois notre principal objet était de rechercher s'il existait une relation entre la valeur de la résistance et la surface des boîtes d'essieux, et dans ce cas de déterminer quelles étaient les dimensions de la boîte qui produisaient le moindre frottement sous une pression donnée. Dans ce but, nous avons employé successivement des crapaudines de 3, 4 1/2 et 6 pouces (0m.076, 0m.114, 0m, 152) de largeur, en appliquant dans chaque cas, des charges de 1331, 2465, 3622 et 4140liv. (603k.48, 1117k.65, 1642k.24, 1877k.12). Nous avons fait ainsi plus de six cents expériences, que nous avons variées de toutes les manières possibles, afin de ne conserver aucun doute sur l'exactitude des résultats obtenus. Nous ne donnerons pas le détail de cette longue série d'observations ; nous nous contenterons d'indiquer les résultats particulièrement applicables à l'objet de nos recherches.

Dans chaque expérience, le poids destiné à imprimer le mouvement à la roue tombait exactement d'une hauteur de 30 pieds (9m.15). Il semble donc que, tant que le poids de l'essieu et la surface de la crapaudine restaient constans, le nombre des révolutions devait également rester le même. Cependant il n'en était pas ainsi, et les différences observées étaient trop sensibles pour pouvoir être négligées. Je m'aperçus bientôt que cette irrégularité était due à la plus ou moins grande quantité d'huile employée pour lubrifier l'essieu, ainsi qu'à son mode d'application. Cette circonstance paraît exercer sur les résultats une influence assez grande pour mériter quelques explications.

L'essieu soumis à l'expérience reposait sur les coussinets sans être recouvert d'aucune enveloppe, et au commencement de chaque observation on le lubrifiait à la manière ordinaire avec de bonne huile de pied de bœuf. Mais on remarqua que, lorsque l'huile ne coulait pas sur l'essieu pendant toute la durée de son mouvement, les résultats étaient très-variables, à moins cependant que l'huile ne fût d'abord fournie en assez grande quantité pour s'amasser sur le coussinet, et former ainsi une espèce de bourrelet sur lequel l'essieu pouvait se lubrifier à chaque tour. Dans aucun autre cas, l'on n'obtenait le maximum d'effet utile.

La table suivante présente les résultats de l'une de nos séries d'observations. La première colonne fait connaître le numéro de l'expérience ; la seconde, le nombre d'oscillations observées sur un pendule qui marquait 157″ en 300 oscillations, et la troisième le nombre de révolutions de l'essieu.

TABLE VI.

Poids total de l'essieu 2117k·65. Largeur du coussinet, 0m.114.

NUMÉRO de l'expérience.	NOMBRE d'oscillations du pendule.	NOMBRE de tours de l'essieu.	NUMÉRO de l'expérience.	NOMBRE d'oscillations du pendule.	NOMBRE de tours de l'essieu.
274	505	238	301	551	265
275	549	258			
276	537	253	302	454	206
277	540	252	303	357	160
			304	315	140
278	400	189	305	281	122
279	332	152	306	242	113
280	290	130	307	257	110
281	264	116	308	330	98
282	249	106	309	228	95
283	244	103	310	213	92
284	235	98	311	203	87
285	226	95	312	196	84
286	222	93	313	191	81
287	206	88	314	180	76
288	206	84	315	172	71
289	199	81	316	164	67
290	188	79	317	153	65
291	181	75	318	134	58
292	168	70	319	123	54
293	158	66	320	113	58
294	150	63	321	99	43
295	131	56	322	85	38
296	114	47	323	81	36
297	108	44			
298	94	39	324	580	278
299	91	38	325	596	270
300	89	37			

Dans les quatre premières expériences nº 274, 275, 276 et 277 l'axe était constamment lubrifié; mais à la fin de l'expérience 277 on a enlevé toute l'huile qui s'était amassée sur le coussinet, sans toucher à celle qui entourait l'essieu, et le nombre de révolutions s'est trouvé réduit à 189. On a continué ainsi les observations sans ajouter d'huile nouvelle jusqu'à l'expérience 300, dans laquelle le nombre de révolutions n'a été que de 37. A la fin de cette expérience, on a de nouveau lubrifié l'essieu en fournissant l'huile d'une manière constante pendant toute la durée de l'expérience, et le nombre de tours s'est élevé à 265. Puis on a enlevé comme la première fois l'huile rassemblée sur le coussinet, et alors le nombre de tours a diminué graduellement jusqu'à la 323e expérience, pour laquelle il s'est réduit à 36. Dans les deux expériences suivantes, on a lubrifié l'axe et le nombre de révolutions s'est élevé à 278 et 270.

On voit du reste, à l'inspection de ce tableau, que le nombre de tours exécutés par l'essieu, après que l'huile a été enlevée, depuis le nº 278 jusqu'au nº 300, est de 1949; et, comme à chaque expérience on faisait cinq tours pour enrouler la corde, le nombre total de tours nécessaires pour augmenter la résistance dans le rapport de 37 à 252 a été de 2064; dans la seconde série d'expériences, 2056 révolutions l'ont augmentée dans le rapport de 36 à 265. En appliquant ces résultats à un chariot ordinaire, on voit que, si l'on suppose le diamètre de la roue douze fois plus grand que celui de l'essieu, ce nombre de tours correspond à peu près à une distance de 3 milles 1/2 (5632m·58).

Si l'on cherche à se rendre compte des divers résultats que nous venons d'indiquer, on remarquera que l'huile, la graisse, et en

général toutes les matières lubrifiantes, ont pour effet d'interposer entre deux surfaces en contact des substances sur lesquelles le frottement soit plus doux ; elles agissent comme des rouleaux, qui transforment un glissement en un mouvement de rotation. En considérant les choses sous ce point de vue, il faudrait faire en sorte que les deux surfaces ne pussent jamais se toucher, et que la substance interposée, tout en prévenant leur contact, fût de nature à rendre la résistance la moindre possible. Ces deux conditions semblent contradictoires; car la substance la moins fluide est celle qui doit le mieux prévenir le contact, et la plus fluide, au contraire, celle qui apporte la plus grande diminution dans le frottement. On doit conclure de là que la substance la plus convenable est celle qui, tout en prévenant le contact, offre cependant la plus grande fluidité possible.

En poussant plus loin les conséquences de ces observations, on voit que la surface du coussinet doit, ainsi que nous l'annoncions, exercer une influence sensible sur la valeur de la résistance. Supposons en effet qu'une certaine substance ait un degré de viscosité suffisant pour tenir les deux surfaces frottantes éloignées l'une de l'autre; il est clair que si l'on augmente la charge, sans augmenter en même temps la surface du coussinet, la pression sur chaque point deviendra plus grande, et que la substance grasse ne pourra plus produire l'effet qu'on en attend. Ainsi, pour chaque substance lubrifiante, il existe un certain rapport entre la surface du coussinet et la charge, qui donne le meilleur effet possible. Dans les tableaux IV et V, par exemple, l'effet maximum a lieu lorsque la charge est comprise entre 6720k. (3046liv.95) et 4480liv. (2031k.28), en sorte qu'il correspond à peu près à une charge de 5560liv. (2539k.12); or la surface du coussinet étant de 56po.54 (0m.74), la pression se trouve alors égale à 98liv. environ (44k.43) par pouce carré (6k.88 par centimètre carré).

Le tableau suivant présente en résumé les effets produits par des coussinets de différentes dimensions, lubrifiés avec la meilleure huile de pied de bœuf.

	Coussinet de 6 po. (0m.152).		Coussinet de 4 po. 1/2 (0m.114).		Coussinet de 3 po. (0m.076).	
POIDS TOTAL de l'axe soumis à l'expérience.	PRESSION par centim. carré.	MESURE de l'effet produit.	PRESSION par centim. carré.	MESURE de l'effet produit.	PRESSION par centim. carré.	MESURE de l'effet produit.
kil.	kil.		kil.		kil.	
1877.12	5.18	108.96	6.90	117.10	10.36	95.88
1642.24	4 53	99.18	6.05	134.46	9.05	122.79
1117.65	4.64	97.22	4.11	148.12	6.17	183.75
603.48	1.67	86.62	2.22	117.04	3.32	146.01

Ce tableau montre que les meilleurs effets correspondent à des pressions de 4k.11, 6k.05, et 6k.17 par centimètre carré. Les premières expériences nous avaient indiqué, pour le maximum d'effet utile, une pression de 6k.88, ce qui s'accorde assez bien avec les résultats précédens ; en sorte que l'on peut admettre que l'effet maximum correspond moyennement à une pression de 6k.32 par centimètre carré. Mais il est à remarquer que l'on doit obtenir cette pression en donnant à peu près au coussinet une longueur égale au diamètre de l'essieu ; car avec un coussinet de 3 pouces (0m.076) de largeur, l'effet produit sous une pression de 6k.17 par centimètre carré a été de 183.75, tandis qu'avec un coussinet d'une longueur égale à 1 fois 1/2 le diamètre de l'essieu, l'effet produit avec une pression de 6k.05, a été seulement de 134.46, et que sous une pression de 6k.90, il ne s'est élevé qu'à 117.10.

On voit, d'après ce qui précède, à combien de circonstances délicates il est nécessaire d'avoir égard pour arriver à des résultats exacts dans la question qui nous occupe, et l'on s'explique ainsi comment toutes les personnes qui ont entrepris des expériences sur ce sujet sont arrivées à des conséquences si différentes. Nous pouvons aussi nous

rendre compte de la contradiction qui semble exister entre les expériences de la table III et celles des tables IV et V. Dans le premier cas on employait pour lubrifier les axes une substance fixe et visqueuse; dans le second, au contraire, on se servait de bonne huile de pied de bœuf; et cette circonstance suffisait, comme on l'a vu, pour modifier d'une manière très-notable la valeur de la résistance.

Toutes les expériences que nous avons décrites jusqu'ici ont été faites sur des chariots ordinaires, employés dans les exploitations des houillères du Nord; mais plusieurs nouvelles formes de chariots ont été proposées récemment aux compagnies des chemins de fer publics, et nous devons aux directeurs du chemin de Liverpool à Manchester la connaissance de quelques expériences faites par MM. Hartley et Rastrick sur trois modèles soumis à leur examen.

Ces chariots, inventés par MM. Winan, Brandreth et Stephenson, présentent les dispositions suivantes : le chariot n° 1 de M. Winan est composé d'une plate-forme soutenue par quatre roues en fonte de 20 pouces (0m.51) chacune de diamètre; les extrémités des essieux, dont le diamètre est de 1po. 1/2 (0m.038), débordent le moyeu de 2 pouces (0m.051), et roulent intérieurement sur les jantes de quatre roues de frottement, de 9 pouces (0m.229) de diamètre. Ces dernières roues reposent sur des coussinets de 1po. (0m.025) de diamètre et de 1po. 1/2 (0m.038) de long. Le chariot n° 2 présente les mêmes dispositions, à l'exception des grandes roues qui ont 30po. (0m.76) de diamètre, et qui ne sont pas trempées en coquille.

M. Brandreth emploie également des roues de frottement; son chariot n° 1 consiste dans une plate forme reposant sur quatre roues trempées en coquille de 30po. (0m.76) de diamètre, avec des essieux de 3po. (0m.076). Un des essieux roule sur le sommet de deux roues de frottement, ayant 12po. (0m.301) de diamètre, 3po. (0m.076) de largeur à la jante. L'autre essieu s'appuie sur le milieu d'une roue de frottement semblable aux précédentes. Cette disposition a pour but de maintenir les essieux dans une position exactement parallèle à la surface des rails. Les roues de frottement tournent sur des coussinets de 2po. (0m.051) de diamètre et de 2po. 1/2 (0m.063) de long. Le chariot n° 2 offre une construction semblable, mais avec un châssis pour recevoir la charge. Au moyen de l'emploi des roues de frottement, MM. Brandreth et Winan espéraient transformer en grande partie le gissement des essieux dans leurs crapaudines en un frottement de second ordre, et diminuer ainsi la résistance.

Le chariot de M. Stephenson est semblable au modèle représenté fig. 1 et 2, pl. VII. Il consiste dans une plate-forme rectangulaire, reposant sur quatre roues de 3 pieds (0m.915) de diamètre, trempées en coquille. Les essieux traversent le moyeu, et se réduisent à leur extrémité à 1 pouce 3/8 (0.035) de diamètre; ils reposent sur des coussinets en cuivre de 3 pouces 1/4 (0m.082) de long, qui s'appuient eux-mêmes sur des ressorts.

Ces trois genres de chariots ont été soumis à une série d'expériences sur le chemin de Liverpool, lequel est formé de rails en fer malléable de 2 po. 1/4 (0m.057) de largeur au sommet. M. Rastrick, qui dirigeait les expériences, faisait descendre les chariots sur un plan incliné, à l'extrémité duquel régnait une contre-pente; les chariots, en vertu de la vitesse acquise, remontaient cette seconde rampe jusqu'à ce que le frottement arrêtât leur mouvement. Le rapport de la résistance à la charge avait alors pour mesure la différence de niveau entre les points de départ et d'arrivée, divisée par la somme des espaces parcourus sur les deux plans (1).

(1) Il est facile de vérifier cette valeur de la résistance; en effet la formule (4), page 311, donne

$$\left(\frac{de}{dt}\right)^2 \left(P + p\frac{\delta}{\rho}\right) = 2\,[\,(P+p)\sin.\, i - F\,]\,ge$$

équation dans laquelle $\left(\frac{de}{d}\right)$ représentera la vitesse acquise par le chariot au bas du plan incliné, si e indique la longueur de ce plan.

Parvenu au bas du premier plan, le chariot remontera la seconde rampe en vertu de sa vitesse acquise, et l'on obtiendra, comme précédemment, l'équation de son mouvement, en remarquant que la différence des forces vives du système, à deux instans quelconques, est égale au double de la quantité d'action perdue ou gagnée entre les deux instants que l'on considère. On aura donc en nommant e' l'espace parcouru sur le second plan, et i' l'inclinaison de ce plan

$$\left[\left(\frac{de'}{dt}\right)^2 - \left(\frac{de}{dt}\right)^2\right] \left(P + p\frac{\delta}{\rho}\right) = -2\,[\,(P+p)\sin.\, i' + F\,]\,ge'.$$

TABLE VII.

DESCRIPTION DES CHARIOTS.	NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	PENTE du plan incliné. LONGUEUR.	HAUTEUR.	TEMPS de la descente.	DISTANCE PARCOURUE sur la rampe ascendante.	ESPACE TOTAL parcouru sur les 2 plans.	DIFFÉRENCE DE NIVEAU entre les points de départ et d'arrivée.	RAPPORT du frottement à la charge (y compris la résistance de l'air).
		mèt.	mèt.	sec.	mèt.	mèt.	mèt.	
Chariot n°. 1, de M. Winan, pesant 825kil.20, et chargé de 4062kil.60.	1	447.12	3.65	119.75	355.38	802.50	3.54	1/227
	2			116.75	436.76	883.88	3.45	1/256
Dans l'expérience I, la charge n'était que de 3554kil.77.	3	676.63	6.09	145.50	568.42	1245.05	5.76	1/216
	4			145.00	606.22	1282.85	5.73	1/224
	5			141.00	826.28	1502.91	5.59	1/269
Surface exposée au vent; 10 pieds carrés (0m.c.9289).	6	793.68	7.31	149.50	901.25	1694.93	6.74	1/251
	7			149.50	981.73	1775 41	6.68	1/265
	8	1025.32	9.75	176.00	1181.67	2206.99	8 93	1/247
	9			175.00	1223.13	2248.45	8.99	1/253
Chariot n°. 2, pesant 685kil.56, chargé de 4062kil.60.	—							
	10	1025.32	9.75	193.50	757.71	1783.03	9.28	1/192
Chariot n°. 1, de M. Brandreth, chargé de 4062kil.60.	11	447.12	3.65	123.25	335.57	782.69	3.56	1/219
	12			123.25	339.84	786.96	3.55	1/222
Surface exposée au vent, 12pi.car. (m.c.1146).	13	676.63	6.09	147.00	583.36	1259.99	3.75	1/219
	14			146.00	617.20	1293.83	5.72	1/226
Chariot n°. 2, chargé e 4062kil.60.	—							
Surface exposée au vent; 18 pi.c.(1m.c.6731).	15	908.88	8.53	177.50	662.91	1571.79	8.13	1/193
	16			177.00	746.12	1655.00	8.06	1/205
	17	1025.32	9.75	185.00	891.50	1916.82	9.20	1/208
	18			187.00	807·08	1832.40	9 26	1/198
Chariot de M. Stephenson, chargé de 4062kil.60.	19	447.12	3.65	115.25	531.55	978.67	3 35	1/292
	20			115.25	519.87	966.99	3.36	1/288
	21	676.63	6.09	148 00	739.72	1416.35	5.64	1/251
	22			142.50	736.98	1413.61	5.63	1/251
	23			140.00	767.15	1443.78	5.62	1/257
Surface exposée au vent; 13pi.car. (1m.c.2075).	24	793.68	7.31	159.50	916.52	1710.20	6.75	1/254
	25			156.00	916.82	1710·50	6 75	1/254
	26	1025.32	9.75	177.00	1160.95	2186.27	8.95	1/244
	27			176.00	1169.09	2194.41	8.95	1/246

Le chariot s'arrêtera évidemment lorsque l'on aura $\frac{de'}{dt} = 0$. Or l'équation précédente donne dans cette hypothèse,

$$\left(\frac{de}{dt}\right)^2\left(P+p-\frac{\delta^2}{\rho}\right) = 2\,[(P+p)\ \text{sin.}\ i' + F]\,ge'$$

ou, en remplaçant $\left(\frac{de}{dt}\right)^2$ par sa valeur tirée de la première équation

$$(P+p)\,[e\ \text{sin.}\ i - e'\ \text{sin.}\ i'] = E\,(e+e').$$

Or si l'on nomme h la hauteur du point de départ du chariot, h' celle du point d'arrivée, on a

$$e\ \text{sin.}\ i = h\ ;\ e'\ \text{sin.}\ i' = h'.$$

Ce qui donne en définitive

$$\frac{F}{P+p} = \frac{h-h'}{e+e'}$$

Le rapport de la résistance à la charge a donc pour mesure, ainsi qu'on l'a annoncé, la différence de niveau des points de départ et d'arrivée, divisée par la somme des espaces parcourus.

(*Note des trad.*)

Pendant le cours de ces expériences, les rails étaient parfaitement propres et exempts de toute matière étrangère; mais ils n'étaient pas encore polis par un long usage. Il paraît aussi que le vent soufflait dans une direction perpendiculaire à la route, avec une vitesse qui s'élevait quelquefois à 3 milles par heure (4828m.). Dans d'autres momens, le temps était complètement calme; la température variait de 0° à 2°.

En tout cas, si l'on s'en tient aux résultats du tableau précédent, il ne semble pas que l'on ait obtenu la diminution de résistance que faisait espérer l'emploi des roues de frottement. La réduction du diamètre de l'essieu, proposée par M. Stephenson, n'a pas conduit à un meilleur résultat. En effet si l'on suppose le poids de l'essieu et des roues égal à 12 quint. (609kil.37), et le frottement des roues égal à $^1/_{1000}$ du poids total, le coefficient du frottement de premier ordre se trouverait, dans le n° 19, égal à $^1/_{13,5}$, et dans le n° 26 à $^1/_{11}$, c'est-à-dire égal à 0·074, et 0·0909; or, dans la table III, nous avons trouvé f=0·0511, et dans les tables IV et V f=0·0166. Il est vrai que la vitesse du chariot de M. Stephenson était beaucoup plus grande que la vitesse obtenue dans nos expériences, puisqu'elle s'élevait de 17 milles $^1/_3$ à 26 milles $^1/_3$ par heure, (27,885m. à 42,164m.). Mais cette circonstance ne suffit pas pour expliquer la différence de l'effet produit. Elle est due probablement à l'insuffisance de la surface du coussinet, qui ne permettait pas à l'huile de prévenir le contact des surfaces frottantes. La pression par centim. carré, qui, comme nous l'avons vu, ne devrait pas dépasser 7kil. environ, s'élevait à près de 19kil., et cette circonstance devait nécessairement produire une grande augmentation dans la résistance.

Nous nous sommes longuement étendus sur la question du frottement, mais son importance justifiera les développemens dans lesquels nous sommes entrés. Peut-être aussi, cette discussion pourra-t-elle mettre sur la voie de quelque nouveau perfectionnement qui viendra s'ajouter à ceux que l'on a déjà obtenus. Dans ce moment la question ne paraît pas susceptible de recevoir une solution définitive. Toutefois, il nous semble que l'on peut tirer de tout ce qui précède les conclusion suivantes :

1° Que, dans la pratique, le frottement des chariots mus sur les chemins de fer peut être considéré comme une force retardatrice uniforme et constante;

2° Qu'il existe un certain rapport entre la pression et la surface pressée, pour lequel le frottement est un mininum;

3° Que lorsque la surface pressée est en rapport avec le poids qu'elle doit supporter, le frottement est exactement proportionnel à la charge.

Quant à la valeur du frottement, elle peut être calculée par la formule.

$$F=f'(P+p)+fP\frac{d}{D},$$

dans laquelle on supposera f'=0·00 1 et f=0·05, lorsque la pression par centimètre carré différera peu de 7kil.. Si la pression s'éloigne de cette limite, il sera nécessaire d'augmenter la valeur de f.

Nous avions admis, dans la première édition de cet ouvrage, qu'au lieu d'employer la formule précédente, on pouvait dans la pratique, prendre pour valeur de la résistance totale $^1/_{200}$ de la charge. Il nous semble qu'à raison des perfectionnemens déjà obtenus, on peut diminuer ce rapport, et le supposer égal à $^1/_{240}$. Si la route est en pente, on devra lui ajouter la valeur du sinus d'inclinaison; ainsi, pour des pentes de $^1/_{100}$, $^1/_{200}$, $^1/_{300}$, etc., en supposant $f=^1/_{200}$ sur un chemin de niveau, ce coefficient deviendra 0·015, 0·010, 0·00833, etc., et en le supposant égal à $^1/_{240}$ il deviendra 0·01416, 0·00916, 0·0075, etc.

Nous avons encore fait, à l'aide du dynamomètre, quelques expériences pour déterminer le frottement des chariots sur des rails plats. Les rails avaient chacun 4 pieds (1m·22) de long, et 3 pouces $^5/_8$ (0m·092) de large; le bord avait 3 pouces (0m·076) de hauteur. Nous avons obtenu les résultats suivans :

NOMBRE des expériences.	DESCRIPTION DES CHARIOTS.	RÉSISTANCE en montant le plan.	RÉSISTANCE en descendant.	RÉSISTANCE moyenne.
1	Deux chariots chargés, pesant chacun 3859k.42; roues en fonte de 39po.1/4 (0m.99) de diamètre; largeur de la jante, 1po.3/8 (0m.035); boites d'essieux en cuivre, de 1po.3/4 (0m.044) de large; diamètre de l'essieu, 2po.5/8 (0m066). .	kil. 76.17	kil. 57.13	kil. 66.65
2	Six chariots vides, pesant chacun 1167kil.98, de la même construction que les précédens.	84.78	66.65	75.72

La résistance pour les chariots pesant 3859kil.42 est égale, comme on le voit, à 33kil.32, c'est-à-dire à 1/116 du poids environ. En comparant ce résultat à l'expérience I (no 2), faite avec un coussinet de même genre, on voit que la résistance sur les rails plats, et sur les rails saillans, est dans le rapport de 33 à 28, ce qui établit d'une manière décisive la supériorité de ces derniers.

CHAPITRE VII.

EXPÉRIENCES SUR LE FROTTEMENT DES CORDES ET DES POULIES.

Les cordes et les poulies sont, comme nous l'avons vu, un moyen de communication nécessaire pour la manœuvre des plans automoteurs ou inclinés, et il est important de déterminer la résistance à laquelle donne lieu leur emploi. Nous avons réuni dans ce chapitre les résultats de plusieurs expériences entreprises dans ce but sur divers chemins de fer des environs de Newcastle. On s'est servi, pour calculer cette résistance, de la formule (8), page 311.

$$F+F'+\varphi=(P+p-P'-p')\sin. i-\frac{\left(P+P'+(p+p')\frac{\delta}{\rho}+\pi+\pi_1+\pi_2\right)}{t\,r_1}\ldots$$

dans laquelle P représente le poids des chariots descendans, p le poids de leurs roues, F la résistance due aux frottemens, P′, p', F′ les quantités analogues pour les chariots montans; π le poids de la corde, π_1 le poids de la poulie transporté à sa circonférence, π_2 le poids des rouleaux également transporté à leur circonférence; et φ la résistance due au frottement de la corde, de la poulie et des rouleaux, c'est-à-dire la quantité dont nous cherchons la valeur; l'équation précédente donne pour l'expression de cette quantité :

$$\varphi=(P+p)\sin. i-(P'+p')\sin. i-F-F'-\frac{\left[P+P'+(p+p')\frac{\delta}{\rho}+\pi+\pi_1+\pi_2\right]e}{r\,t_1}$$

Expérience XVIII. Plan automoteur du chemin de fer de Killingworth, de 2145pi. (653m,77) de longueur, et de 57pi.6po. (16m.52) de hauteur, manœuvré par une seule poulie.

Cinq chariots chargés pesant chacun 7864liv. (3973kil.68), ont remorqué dans l'espace de 200″ six chariots vides pesant chacun 2800liv. (1269kil.56). Les roues avaient (0m.86) de diamètre, et les essieux 2po. 3/4 (0m.070). La corde avait 5po. (0m.127) de circonférence, et pesait 3884liv. (1761kil.05). L'inclinaison du plan était plus grande au sommet qu'à son extrémité inférieure; du reste, la direction de la route était parfaitement rectiligne. Les rouleaux en mouvement étaient au nombre de 73, et pesaient 3297liv. (1494kil.89). Le diamètre

de chaque rouleau était de 11po. (0m.275), et celui de leurs tourillons de 3/4po. (0m.019). La poulie horizontale pesait 4636liv. (2102k.), elle avait 10pi. (3m.05) de diamètre, et ses tourillons 6po. (0m.152).

Ainsi, en nommant P_1 le poids de chaque chariot chargé, p_1, le poids de leurs roues, P'_1 et p'_1 les quantités analogues pour les chariots vides, Π_1 le poids de la poulie, Π_2 celui des rouleaux, on avait $P_1 = 7452$liv.; $p_1 = 1312 - \frac{\delta}{\rho} = \frac{20.07}{17.25}$; $P'_1 = 1488$; $p'_1 = 1312$; $\pi = 3884$liv.; $\pi_1 = \frac{1}{2}\Pi_1 = 2318$liv.; $\pi_2 = \frac{1}{2}\Pi_2 = 1648$liv.; $t = 200''$; sin. $i = \frac{57.5}{2145}$; $F = 190$ liv.; $F' = 72$ liv. Si l'on introduit ces valeurs dans la formule que nous venons d'indiquer, on trouve $\varphi = 208$liv. (94kil.31).

Expérience XIX. Six chariots chargés, semblables aux précédens, ont parcouru le même plan incliné dans l'espace de 180″, en remorquant sept chariots vides. On trouve dans ce cas $\varphi = 204$liv. (92kil.49).

Le plan incliné, qui fait l'objet des deux expériences précédentes, exige l'emploi de six chariots chargés pour la remorque d'un pareil nombre de chariots vides. Dans tout autre cas, son inclinaison serait trop faible pour assurer un service régulier et constant. En adoptant ce nombre de chariots, on voit que la force motrice $(P + p)$ sin. i est égale à 1410liv. (639kil. 30), et la résistance totale $(P' + p')$ sin. $i + F + F' + \varphi$ est égale à 1041liv. (472kil.). La différence qui est de 369liv. (167kil. 30) est rigoureusement suffisante pour déterminer le mouvement, dans tout état de l'atmosphère, et dans un espace de temps de 3 à 4 minutes.

Expérience XX. Plan automoteur présentant dans le sens longitudinal une courbe très-prononcée, et manœuvré par une roue semblable à celle qui est représentée fig. 1, planche IX. Longueur du plan, 3,906pi. (1190m.32); hauteur, 130pi. 4po. (39m.73); poids de la roue, 454liv. (205kil. 84); diamètre de son essieu, 3po. (0m.076). — Nombre de rouleaux, 144; poids, 4448liv. (2019kil.76); rapport de leur diamètre à celui ne leur axe, 14 : 1 — Circonférence de la corde, 5po. (0m. 127); poids, 4807liv. (2179kil. 54).

Cinq chariots chargés, semblables à ceux des expériences V et VI, et pesant chacun 9408liv. (4263kil.72), ont remorqué en 300″ sept chariots vides semblables à ceux de l'expérience IX. On a $P_1 = 8096$liv.; $p_1 \frac{\delta}{\rho} = 2059$; $P'_1 = 2160$liv.; $p'_1 \frac{\delta}{\rho} = 2059$; $\pi = 4807$liv.; $\pi_1 = 227$liv.; $\pi_2 = 2224$liv; $F = 200$liv.; $F' = 91$liv. $(P' + p')$ sin. $i = 811$liv; $(P + p)$ sin. $i = 1570$;

Et en posant.

$$\frac{\left[P + P' + (p + p')\frac{\delta}{\rho} + \pi + \pi_1 + \pi_2\right] e}{r t^2} = N;\ N = 236.$$

D'où l'on tire $\varphi = 1570 - 811 - 91 - 200 - 236 = 232$liv (105kil. 18.).

On emploie ordinairement sur ce plan sept chariots chargés pour remorquer un pareil nombre de chariots vides. La force motrice est alors de 2198liv. (996k.60), et la résistance de 1343liv. (608kil.92). La différence, qui est égale à 855liv. (387kil.68), est plus que suffisante pour obtenir un mouvement convenable; et l'on se voit même dans la nécessité d'employer sur plusieurs points un frein pour modérer la vitesse des convois.

Expérience. XXI. Plan automoteur semblable au précédent, et offrant au milieu de sa longueur une courbe formée d'une portion d'arc de cercle. — Longueur du plan, 3672pi (1119m.19); hauteur, 129pi.65o. (39m.47). — Poids de la poulie, 454liv. (205kil.84); diamètre, 6pi. (1m.83); rapport de ce diamètre à celui de l'axe, 24 : 1. — Nombre des rouleaux, 263; poids, 9759liv. (4424kil.87); rapport de leur diamètre à celui de leur axe, 14 : 1. — Circonférence de la corde, 5po (0m. 127); poids, 4468liv. (2025kil. 83).

Cinq chariots chargés semblables à ceux de l'expérience précédente, pesant chacun 9408liv. (4265 kil.72), ont remorqué, dans l'espace de 360″, sept chariots vides du poids de 3472 liv. (1574 kil.23).

On trouve, d'après cela : $(P + p)$ sin. $i = 1659$; $(P' + p')$ sin. $i = 857$liv.; $F = 200$liv.; $F' = 91$liv.; $N = 158$liv., d'où $\varphi = 1659 - 857 - 200 - 91 - 158 = 353$l. (160k..05).

On emploie ordinairement pour la manœuvre de ce plan le même nombre de cha-

riots que sur le plan précédent, et l'on obtient ainsi une force motrice plus que suffisante pour assurer un service régulier.

EXPÉRIENCE XXII. Plan automoteur semblable aux deux précédens, d'une inclinaison à peu près uniforme, et d'une direction exactement rectiligne. — Longueur, 2706pi. (814m.76); hauteur, 76pi. 5po. (23m.29). — Poids de la poulie, 454liv. (205kil.84); rapport entre son diamètre et celui de son axe, 24 : 1.— Nombre des rouleaux, 139; poids, 4173liv. (1892m.08); rapport entre leur diamètre et celui de leurs axes, 16 : 1. — Circonférence de la corde, 4po. 1/2 (0m.114); poids, 2927liv. (1327kil.12).

Cinq chariots chargés ont remorqué sept chariots vides dans l'espace de 280″, le poids des chariots étant le même que dans l'expérience précédente. D'après cela on trouve $(P + p) \sin. i = 1328^{liv.}$;

$(P' + p') \sin. i = 686$; $N = 183$; et

$\varphi = 1328 - 183 - 686 - 200 - 91 = 168^{l.}$ (76kil.17).

Ce plan est ordinairement manœuvré au moyen de sept chariots descendans qui remorquent un pareil nombre de chariots montans; mais on obtient ainsi beaucoup plus de force qu'il ne serait rigoureusement nécessaire.

EXPÉRIENCE XXIII. Plan incliné, manœuvré par une machine fixe de la force de 60 chevaux. La pente de la route était plus faible au sommet du plan que vers son extrémité inférieure, et l'axe longitudinal présentait en son milieu une courbe dont le sinus verse était de 120pi. (36m.57) environ. La longueur du plan était de 2646pi. (806m.47), et sa hauteur de 154pi. 6po. (47m.08). — Le tambour, semblable à celui qui est représenté fig. 2, pl. IX, était désengrené pendant le cours de l'expérience, et les chariots descendaient par leur propre poids en déroulant la corde de remorque. Le poids du tambour, y compris les roues dentées, était de 8960liv. (4062kil.55), et le rapport de son diamètre à celui des tourillons de 10 : 1. — Les poulies étaient au nombre de 161, pesant ensemble 10278liv. (4660kil.10); le rapport de leur diamètre à celui de leur axe était de 14 : 1. — La corde avait 3000pi. (914m.38) de longueur, 7po. 1/4 (0m.184) de circonférence, et pesait 6967liv. (3158kil.93).

Trois chariots vides du poids de 3472liv. (1574kil.23) chacun, ont parcouru ce plan dans l'espace de 174″, en traînant la corde à leur suite.

La valeur de la résistance est donnée par l'équation (10), page 311.

$$F + \varphi = \left(P + p + \frac{1}{2}\pi\right) \sin. i - \frac{\left(P + p\frac{\delta}{\rho} + \pi + \pi_1 + \pi_2\right)e.}{r t^2}$$

d'où l'on tire

$$\varphi = \left(P + p + \frac{1}{2}\pi\right) \sin. i - F - \frac{\left(P + p\frac{\delta}{\rho} + \pi + \pi_1 + \pi_2\right)e.}{r t^2}$$

On a ici $(P + p) \sin. i = 608^{liv.}$; $\frac{1}{2}\pi \sin. i = 203^{liv.}$; $N = 145^{liv.}$; $F = 39^{liv.}$. D'où l'on tire

$\varphi = 608 + 203 - 39 - 145 = 627^{l.}$ (284k.29)

EXPÉRIENCE XXIV. Plan incliné, semblable au précédent, manœuvré par une machine fixe, et présentant une inclinaison sensiblement uniforme. Longueur, 2325pi. (708m.62); hauteur, 115pi. (35m.04). — Poids du tambour, 8960liv. (4062m.55); rapport de son diamètre à celui de son axe, 10 : 1. — Nombre des rouleaux, 134; poids, 4524liv. (2051kil.21); rapport de leur diamètre à celui de leurs axes, 14 : 1. Longueur de la corde, 2625pi. (800m.06), circonférence, 7po. 1/4 (0m.184); poids, 6157liv. (2791k.67).

Quatre chariots vides pesant chacun 3472liv. (1574kil.23) ont parcouru le plan dans l'espace de 115″ en traînant la corde à leur suite. On a dans ce cas $(P + p) \sin. i = 686^{liv.}$; $\frac{1}{2}\omega \sin. i = 153$; $F = 52^{liv.}$; $N = 279^{liv.}$.

D'où $\varphi = 508^{liv.}$ (230kil.33).

EXPÉRIENCE XXV. Plan incliné, manœuvré par une machine fixe et un tambour semblable à celui qui est représenté fig. 2, pl. IX. Longueur, 2892pi. (881m.45); hauteur, 57pi. 7po. (17m.55). — Poids du tambour 4500liv. (2040kil.34). — Rapport de son diamètre à celui de son axe, 10 : 1.—Nombre des rouleaux, 138; poids, 5288l. (2397k.65); rapport de leur diamètre à celui de leur axe, 14,65 : 1. — Longueur de la corde, 3000pi. (914m.38); poids, 3696liv. (1675kil.81); circonférence, 5po. (0m.127).

Huit chariots vides, pesant chacun

2688$^{liv.}$ (1218$^{kil.}$76), ont parcouru le plan dans l'espace de 330″, en traînant la corde à leur suite.

On a dans ce cas $(P + p)$ sin. $i = 428^{liv.}$; $^1/_2\ \pi$ sin. $i = 37^{liv.}$; $N = 57^{liv.}$; $F = 120^{l.}$: d'où l'on tire

$\varphi = 428 + 37 - 120 - 57 = 288^{l.}$ (130$^{k.}$57).

Sur le plan incliné qui fait l'objet de l'expérience précédente, la machine fonctionne d'une manière régulière en remorquant huit chariots à la fois; mais un pareil nombre de chariots vides ne suffit pas toujours pour traîner la corde au bas du plan. L'excès de la force motrice sur la résistance n'est en effet que de 57 livres (25$^{kil.}$85); et si cette force est convenable dans les circonstances les plus avantageuses, elle devient tout-à-fait insuffisante lorsque le temps est défavorable. Il est nécessai re, dans ce cas, d'avoir recours à un cheval pour faciliter la descente de la corde.

Expérience XXVI. Plan incliné à machine fixe, semblable au précédent. Longueur, 3165$^{pi.}$ (964$^{m.}$66); hauteur, 42$^{pi.}$ (12$^{m.}$80); poids du tambour, 2018$^{l.}$ (914$^{k.}$98); rapport de son diamètre à celui de son axe, 10 : 1; nombre des rouleaux, 124; poids, 4216$^{liv.}$ (1911$^{kil.}$57); rapport de leur diamètre à celui de leurs axes, 14,65 : 1. — Longueur de la corde, 3600$^{pi.}$ (1097$^{m.}$25); poids, 3527$^{liv.}$ (1599$^{kil.}$17); circonférence 4$^{po.}$ $^1/_2$ (0$^{m.}$114); $(P + p)$ sin. $i = 367^{liv.}$; $^1/_2\ \omega$ sin. $i = 23^{liv.}$; $F = 126^{liv.}$

Neuf chariots vides, pesant chacun 3080$^{l.}$ (1396$^{kil.}$51), ont descendu le plan dans l'espace de 360″, en traînant la corde à leur suite. La formule (8) donne, d'après cela,

$$F + \varphi = 367 + 23 - \frac{[(3827 \times 9) + 3527 + 1009 + 1054]\,3165}{16\ ^1/_{12} \times 360^2} = 330^{liv.}\ (149^{kil.}62).$$

et par suite $\varphi = 330 - 126 = 204^{l.}$ (92$^{k.}$50).

Lorsque la machine fonctionne régulièrement, elle remorque au sommet du plan incliné douze chariots chargés; et la corde est ramenée au bas du plan par les chariots vides qui descendent. L'excès de la force motrice sur la résistance qui est égale à 390 — 330 = 60$^{liv.}$ (27$^{kil.}$20) suffit, par un beau temps, pour déterminer la descente des chariots vides, dans l'espace de six minutes; mais, lorsque le temps est défavorable, on est quelquefois obligé d'atteler un cheval au convoi descendant pour surmonter la résistance des cordes.

L'inclinaison de la route n'est pas uniforme; elle est plus faible vers le milieu de la longueur du plan, que vers les extrémités. La direction de son axe présente en même temps une légère courbure.

Nous présentons dans le tableau suivant le résumé des diverses expériences que nous venons de décrire. Les colonnes 3, 4, 5, font connaître la longueur du plan, la circonférence de la corde, et la valeur de la résistance. La 6e colonne indique le poids total du système en mouvement; elle comprend, dans le cas des plans automoteurs, le poids des rouleaux, de la poulie de renvoi, de la corde, et la pression de cette dernière sur la poulie (1). Dans le cas des machines fixes, elle comprend le poids de la corde, celui du tambour, et la moitié seulement du poids des rouleaux; on voit, en effet, qu'ici chaque rouleau n'est moyennement en mouvement que pendant la moitié du temps employé à parcourir le plan. La colonne 7 fait connaître dans quelle proportion le frottement se trouve diminué par l'emploi des poulies et des rouleaux. Cette proportion n'est autre chose que le rapport moyen entre les diamètres des rouleaux et de la poulie et le diamètre de leurs axes. La 8e colonne indique les quotiens des chiffres renfermés dans les colonnes 6 et 7; enfin la dernière colonne fait connaître le coefficient du frottement qui se produit sur les axes, c'est-à-dire le rapport entre les chiffres des colonnes 5 et 8. Ce coefficient, multiplié par la pression totale indiquée dans la 6e colonne, représenterait la valeur du frottement, si la corde ne reposait pas sur des rouleaux et sur une poulie de renvoi.

(1) L'auteur n'indique pas comment est calculée la valeur de cette pression. Il semble qu'elle doit être égale à la résultante des tensions de la corde, c'est-à-dire à $(P + p + P' + p')$ sin. $i' + F' - F$. (*Note des trad.*)

RÉSUMÉ DES EXPÉRIENCES PRÉCÉDENTES.

NUMÉROS des expériences.	DESCRIPTION du plan.	LONGUEUR du plan.	CIRCONFÉRENCE de la corde.	FROTTEMENT de la corde.	PRESSION TOTALE exercée sur les rouleaux et sur les poulies.	RAPPORT MOYEN entre le diamètre des rouleaux et des poulies et le diamètre de leurs axes.	RAPPORT entre les chiffres des deux colonnes précédentes.	COEFFICIENT du frottement qui se produit sur les axes.
		mèt.	mèt.	kil.	kil.			
XVIII.	Plan automoteur.	653.77	0.127	94.31	5584.69	16 : 1	349	1 : 3,70
XIX.	*Id.*	653.77	0.127	92.49	5584.69	16 : 1	349	1 : 3,77
XX.	*Id.*	1190.52	0.127	105.19	4967.15	15 : 1	331	1 : 3,14
XXI.	*Id.*	1119.19	0.127	160.05	7515.80	15,4 : 1	488	1 : 3,05
XXII.	*Id.*	824.76	0.114	76.17	3776.45	16,9 : 1	762	1 : 3.00
XXIII.	Machine fixe.	806.47	0.184	284.29	9551.53	12 : 1	796	1 : 2,81
XXIV.	*Id.*	708.62	0.184	230.33	7879.82	12 : 1	656	1 : 2,85
XXV.	*Id.*	881.45	0.127	130.57	4915.00	12 : 1	409	1 : 3,15
XXVI.	*Id.*	964.66	0.114	92.50	3469.93	12 : 1	289	1 : 3,12

On remarquera que, dans plusieurs des expériences précédentes, le frottement est plus grand sur les plans automoteurs, que sur les plans à machines fixes. Cette circonstance est probablement due à ce que, dans le premier cas, la corde passe sur des roues d'un diamètre plus petit que celui des tambours adaptés aux machines fixes, et qu'en même temps elle s'enroule sur la gorge d'une poulie, tandis que, dans le second cas, elle est seulement déroulée.

La résistance maximum sur les plans automoteurs est égale, comme on le voit dans le tableau, à environ $1/3$ de la pression, et la résistance minimum à $1/3{\cdot}77$. Mais il est convenable, dans la pratique, d'adopter le premier de ces deux rapports. Pour les plans à machines fixes, il semble que l'on doive admettre la même proportion ; car la machine, en enroulant la corde autour du tambour, donne lieu à un frottement semblable à celui que produit la tension de la corde dans les plans automoteurs. Cependant, sur des plans dont l'inclinaison est suffisante pour permettre aux convois descendans de traîner la corde à leur suite, on trouve que, dans des circonstances favorables, on peut admettre la proportion de 1 à 3,5. Cette valeur de la résistance doit d'ailleurs être divisée, comme nous l'avons vu, par le rapport moyen entre les diamètres des rouleaux et de la poulie et les diamètres de leurs axes, rapport que nous désignerons par γ.

Ainsi, en général, si l'on appelle π le poids de la corde, Π la pression exercée sur la poulie, Π_1 son poids, Π_2 celui des rouleaux, on pourra, dans le cas des plans automoteurs, calculer la valeur de φ, à l'aide de la formule

$$\varphi = \frac{\pi + \Pi + \Pi_1 + \Pi_2}{3{,}5 \text{ ou } 3.\gamma}$$

et dans le cas des plans à machines fixes, par la formule

$$\varphi = \frac{\pi + \Pi_1 + {}^1/_2\,\Pi_2}{3{,}5 \text{ ou } 3.\gamma}$$

Nous devons observer toutefois que la valeur, que nous venons d'indiquer pour le frottement de la corde, ne saurait être employée dans la pratique sans quelque restriction. Les plans sur lesquels ont été faites les expériences précédentes n'avaient pas, il est vrai, été préparés dans ce but, et l'on n'avait apporté aucune modification à leur état habituel ; mais pendant la durée des observations, le temps était favorable, et cette circonstance influe notablement sur la valeur de la résistance. Il est donc indispensable, de rechercher quelque donnée qui soit applicable dans tout état de l'atmosphère, et il faut pour cela recourir à la pratique.

Parmi les plans inclinés, que nous avons

cités dans ce chapitre, il en est un, celui de l'expérience XVIII, qui nous semble offrir toutes les conditions nécessaires pour assurer avec le nombre de chariots qui y est ordinairement employé, un service régulier et constant, excepté dans des circonstances tout-à-fait extraordinaires, comme dans les temps de neige. Les observations journalières que j'ai eu l'occasion de faire, m'ont prouvé en effet qu'en employant six chariots chargés pour remorquer un pareil nombre de chariots vides, on obtenait une force motrice exactement suffisante pour produire en tout temps un effet convenable, et je ne pense pas que l'on doive jamais se tenir au-dessous de cette limite. Les dispositions de ce plan pourront donc nous servir d'exemple.

Or, dans le cas que nous considérons, le poids de tout l'appareil, en y comprenant l'inertie des roues, de la corde, des rouleaux, etc., est égal à 86198liv. (39083k.06), et l'excès de la force motrice sur la résistance, c'est-à-dire la valeur de $(P+p)\sin. i - (P'+p')\sin. i - F - F' - \varphi$ est de 369liv. (167k.30) environ. En transportant ces valeurs dans la formule (8), page 311, on trouve

$$t=\sqrt{\frac{\left[P+P'+(p+p')\frac{\delta}{\rho}+\pi+\pi_1+\pi_2\right]e}{(P+p)\sin. i-(P'+p')\sin. i-F-F'-\varphi}}=176''.$$

Dans l'expérience XVIII, le temps employé à parcourir le même plan avec cinq chariots chargés était de 200″. Ainsi, dans les deux cas, les temps du parcours sont dans le rapport de 176 à 200 ou en nombres ronds de 7 à 8. On peut conclure de là que, dans la pratique, la force motrice nécessaire pour assurer en toute saison un service régulier, doit surpasser la force qui est rigoureusement nécessaire avec un temps favorable, d'une quantité telle que les temps du parcours, calculés d'après la formule ordinaire, soient dans le rapport de 7 à 8.

CHAPITRE VIII.

OBSERVATIONS ET EXPÉRIENCES RELATIVES AUX DIVERS GENRES DE MOTEURS EMPLOYES SUR LES CHEMINS A RAILS.

Nous présenterons dans ce chapitre quelques considérations pratiques sur les divers genres de moteurs dont nous nous sommes déjà occupés. Ces développemens seront déduits des observations précédentes, ainsi que de plusieurs expériences nouvelles dont nous rendrons compte.

1° *Plans automoteurs.*

Les plans automoteurs, comme nous l'avons déjà vu, ont pour but d'utiliser le poids des convois descendans pour remorquer, sur des portions de routes en pente, les chariots ascendans. Les conditions de leur établissement sont déterminées par la formule suivante dont nous avons fait usage dans le chapitre VII.

$$F+F'+\varphi=(P+p-p')\sin. i-\frac{\left[P+P'+(p+p)\frac{\delta}{\rho}+\pi+\pi_1+\pi_2\right]}{r\,t_2}$$

Cette formule donne

$$t=\sqrt{\frac{\left[P+P'+(p+p')\frac{\delta}{\rho}+\pi+\pi_1+\pi_2\right]e}{[(P+p-P'-p')\sin. i-F-F'-\varphi]r}}$$

Mais, pour obtenir des résultats applicables en toute saison, nous admettrons, conformément aux indications du chapitre précédent, que le temps T, nécessaire pour le parcours du plan, est égal à $^8/_7$ t. D'après cela, l'excès de poids nécessaire pour opérer, en tout état de l'atmosphère, la remonte des chariots vides dans un temps T, serait

$$(P+p-P'-p')\sin. i-F-F'-\varphi=\frac{\left[P+P'+(p+p')\frac{\delta}{\delta}+\pi+\pi_1+\pi_2\right]}{12{,}31\times T^2}$$

Si l'on connaît d'avance le poids et la résistance des convois montans et descendans, ainsi que le temps de la descente, on obtiendra la valeur de l'inclinaison du plan au moyen de la formule.

$$\sin. i = \frac{\left[P + P' + (p + p')\frac{\delta}{\rho} + \pi + \pi_1 + \pi_2\right] e + \left[F + F' + \varphi\right] 12,31\ T^2}{12,31\ T^2\ (P + p - P' - p')} \text{(1)}.$$

Supposons, par exemple, que l'on veuille établir un plan incliné de 5400pi. (1645m.89) de longueur, sur lequel neuf chariots chargés, pesant chacun 4 tonneaux (4062k.60), remorquent un pareil nombre de chariots vides, pesant 24 quint. (1218k.77), et que l'on cherche l'inclinaison nécessaire pour que la manœuvre ait lieu en 400″.

Soit $p_1 = 1312$liv. (594k.67)

et $p_1 \frac{\delta}{\rho} = 2059$liv. (1137k.61);

Supposons que la corde ait 4po. 1/2 (0m.114) de circonférence, et pèse 5562liv. (2521k.89); supposons de plus que les rouleaux soient placés de 30 en 30pi. (9m.15) et pèsent chacun 30 liv. (12k.60), nous aurons ainsi 180 rouleaux dont le poids total s'élèvera à 5400liv. (2448k.43) Enfin admettons que la poulie placée au sommet du plan pèse 454liv. (205k.84), on aura

$$\pi = 5562\text{ liv.};\ \Pi_1 = 454;\ \Pi_2 = 5400;\ \pi_1 = {}^1/_2\ \Pi_1 = 227;\ \pi_2 = {}^1/_2\ \Pi_2 = 2700.$$

D'un autre côté, on a

$$F = \frac{1}{200}(P + p) = 403\text{liv.}$$

$$F' = \frac{1}{200}(P' + p') = 120\text{liv};\ \varphi = \frac{\pi + \Pi + \Pi_1 + \Pi_2}{3,5.7} = \frac{5562 + 1696 + 454 + 5400}{3,5 \times 16} = 234\text{ liv.}$$

On trouve donc en définitive

$$\sin. i = \frac{(99171 + 30905 + 5562 + 227 + 2700)\,5400 + (234 + 403 + 120)\ 12.31 \times 400_2}{12,31 \times 400_2\ (80640 - 24192)}$$

ou sin. $i = {}^1/_{50}$ environ.

Cette valeur pourra être admise dans la pratique si tout le système est en parfait état; mais, s'il n'en était pas ainsi, il conviendrait peut-être de remplacer le rapport $^8/_7$ par $^4/_3$; ce qui donnerait, dans l'exemple précédent, sin. $i = {}^1/_{45}$ environ.

On peut, afin d'obtenir la force motrice nécessaire à la manœuvre, augmenter soit le nombre des chariots descendans, soit l'inclinaison du plan; mais, en tout cas, si l'on veut assurer un service régulier en hiver comme en été, il est indispensable de se tenir au-dessus des limites que nous venons d'indiquer.

Avant de quitter ce sujet, nous remarquerons que, sur un plan d'une inclinaison uniforme, le mouvement des chariots doit s'accélérer, puisque la vitesse des corps graves croît proportionnellement au temps. Pour prévenir cet effet, il faudra éviter de donner à la route une inclinaison régulière. On devra établir un système de pentes, tel que l'excès de poids des chariots descendans soit plus grand vers l'origine du plan, et diminue ensuite progressivement jusqu'à sa partie inférieure. En réduisant ainsi par degrés insensibles la valeur de la force motrice, on pourra s'opposer à l'accélération qui tend à se produire dans le mouvement des chariots, et obtenir une vitesse plus uniforme. La courbe qui satisferait à cette condition, serait difficile à déterminer ri-

---

(1) Dans cette équation, les quantités P, P′, p, F, π, etc., représentent des livres, e des pieds, et T des secondes.

Si l'on suppose que P, P′, etc., représentent des kilogrammes, et e des mètres, la formule deviendra

$$\sin. i = \frac{\left[P + P' + (p + p')\frac{\delta}{\rho} + \pi + \pi_1 + \pi_2\right] e + \left[F + F' + \varphi\right] 3,77.\ T^2}{3,77.\ T^2\ (P + p - P' - p')}$$

(*Note des trad.*)

goureurement, mais peut-être se rapproche-t-elle de la cycloïde (1).

2° machines fixes.

Nous avons choisi, pour faire apprécier l'effet utile, que l'on peut attendre des des machines fixes employées à la remorque des chariots, quatre expériences dont nous allons indiquer les résultats. Deux de ces expériences ont été faites avec des machines à condenseur et les deux autres avec des machines à haute pression.

Expérience XXVII. Machine à basse pression de Boulton et Watt, munie de deux cylindres de 30po. (0m.76) de diamètre. La pression de la vapeur sur les pistons était de 4liv. 1/2 par pouce carré (0k.31 par centim. carré), outre la pression admosphérique. La corde de remorque avait 7po. 1/2 (0m.184) de circonférence, comme dans l'expérience XXIII. Le plan était le même que dans cette expérience, il avait 2646pi. (806m.46) de long, et 157pi.6po (47m.99) de hauteur.

Sept chariots chargés, semblables à ceux des expériences II et III, et pesant chacun 9408liv. (4265k.72), ont été remorqués dans l'espace de 620″. La machine a donné pendant ce temps 374 coups de pistons de 5pi (1m.52) de course chacun. La surface des cylindres étant de 1413po. car. 72, la pression sur les pistons s'élevait à 1413,72 × 19. liv. 5 =27567liv. Ce poids, pendant la durée de l'expérience, a parcouru un espace de 374 × 5pi =1870pi., en sorte que la quantité d'action dépensée par la machine a été de 27567liv. × 1870pi. = 51550290liv., élevées à 1pi. (7622425k. élevés à 1m. en 620″, ou 12294k. × 1m. en 1″).

Quant à la résistance, elle nous est donnée par la formule

$$Q = (P' + p' + {}^1/_2\,\pi)\ \text{sin.}\ i + F' + \varphi + \frac{\left(P' + p'\frac{\delta}{\rho} + \pi + \pi_1 + \pi_2\right)e}{r\,t_2}$$

dans laquelle on a $(P' + p')$ sin. $i = 3845$liv.; $F' = 40 \times 7 = 280$liv.; $\varphi = 627$liv. (d'après l'expérience XXIII); $^1/_2\,\pi$ sin. $i = 203$liv., et

$$\frac{\left[P + p\frac{\delta}{J} + \pi + \pi_1 + \pi_2\right]e}{r\,t_2} = 36^{\text{liv.}};$$

on trouve d'après cela Q = 4991liv.; ce poids ayant été transporté à une distance de 2646pi., il s'ensuit que la résistance totale est de 4991liv. × 2646pi. = 13206186liv. élevées à 1pi. (1825095kil. élevés à 1m. en 620″, ou 2944k. × 1m. en 1″).

Ainsi, l'effet utile de la machine n'est que les 0.256 environ de la pression exercée par la vapeur sur les pistons.

La vitesse du piston était de 181pi. (55m.16) par minute; celle du chariot de 256pi. (78m.02).

Expérience XXVIII. Machine à double effet de Boulton et Watt, de même construction et de même force que la précédente. Plan semblable à celui de l'expérience XXIV, de 2325pi. (708m.63) de longueur et de 115pi. (35m.05) de hauteur.

La machine a remorqué, dans l'espace de 550″, sept chariots chargés, pesant chacun 9408liv. (4265k.72), et a donné pendant ce temps 320 coups de piston de 5pi. (1m.52) de course chacun. En même temps, à l'aide d'une corde fixée à la queue du convoi, elle remorquait, sur un second plan situé dans le prolongement du premier, sept autres chariots chargés comme les précédens. Ce second plan avait 2310pi. (704m.08) de longueur, et 25pi.6po. (7m.76) de hauteur.

La surface des cylindres était, comme précédemment, de 1413p. c.72, et la pres-

(1) Lorsqu'un convoi descend le long d'un plan incliné, il est nécessaire, pour qu'il conserve une vitesse uniforme, que sa force accélératrice soit nulle. Or l'équation (7), page 311, nous donne, pour la valeur de cette force accélératrice,

$$\frac{d^2e}{dt^2} = \frac{(P + p - P' - p')\ \text{sin.}\ i - F - F' - \varphi}{P + P' + (p + p)\frac{\delta}{\rho} + \pi + \pi_1 + \pi_2}$$

Si l'on pose $(P + p - P' - p')$ sin. $i - F - F' - \varphi = 0$, il est clair que les chariots descendront le long du plan incliné, en conservant constamment leur vitesse initiale.

Nous avons toujours supposé, dans les diverses applications que nous avons faites de la formule précédente, que cette vitesse initiale était nulle; mais il sera facile d'imprimer aux chariots une vitesse convenable, en établissant vers le sommet du plan une pente un peu plus rapide; et il suffira ensuite, pour conserver l'uniformité du mouvement, d'établir à la suite de cette première rampe une inclinaison régulière déterminée par l'équation

$$\text{sin.}\ i = \frac{F + F' + \varphi}{P + p - P' - p'}$$

sion sur les pistons de 27567liv. La course totale de ces derniers, pendant le temps de l'expérience, étant de 320 × 5pi. = 1600pi., la quantité d'action dépensée par la machine est représentée par un poids de 27567liv. × 1600pi. = 44107200liv. × 1pi. (6095615kil. élevés à 1m. en 550″, ou 11083k. × 1m. en 1″).

D'un autre côté, nous avons $(P' + p')$ sin. i = 3264liv. + 726 = 3990liv.; F' = 40liv. × 14 = 560liv. (d'après l'expérience II); φ = 508liv. (d'après l'expérience XXIV), et pour le second plan, φ = 127liv. (d'après une expérience que nous n'avons pas rapportée ici); $^1/_4\ \pi$ sin. i = 153liv. (d'après l'expérience XXIV); enfin

$$\frac{\left[P' + p'\frac{\delta}{\rho} + \pi + \pi + \pi_3\right]e}{r\,t^2} = 38^{liv.};$$

cette dernière quantité conserve la même valeur pour le second plan.

D'après cela, la résistance totale est égale à 3990 + 153 + 560 + 508 + 127 + 76 = 5414liv.. Ce poids, pendant la durée de l'expérience, a été transporté à une distance de 2325pi.; en sorte que la résistance est égale à 5414liv. × 2325pi. = 12587550liv. élevées à 1pi. (1739599kil. × 1m. en 550″, ou 3163kil. × 1m. en 1″).

Ainsi, l'effet utile de la machine est égal à 0·26 environ de la pression exercée sur les pistons.

La vitesse des pistons était, pendant l'expérience, de 174pi. (53m.03) par minute; celle du chariot de 253pi. (77m.10).

Expérience XXIX. Machine à haute pression, avec un cylindre de 21po. (0m.54) de diamètre; force élastique de la vapeur dans la chaudière, 30liv. par pouce carré (2kil.10 par centimètre carré), outre la pression atmosphérique; longueur du plan, 3165pi. (964m.56); hauteur, 42pi. (12m.80). Ce plan était le même que celui de l'expérience XXVI. La corde était également la même, et avait 4po. $^1/_2$ (0m.114) de circonférence.

La machine a remorqué 12 chariots chargés, pesant chacun 9010liv. (4085k.25), dans l'espace de 570″; et pendant ce temps elle a donné 444 coups de piston de 5pi. (1m.52) de course.

La surface du cylindre est ici de 346po.c.36, et la pression de la vapeur sur le piston, de 346,36 × 30liv. = 10390liv.80. La course totale du piston pendant la durée de l'expérience étant de 444 × 5pi. = 2220pi., travail de la machine est égal à 23067576liv. × 1pi. (3187939k. × 1m. en 570″, ou 5593k. × 1m. en 1″).

D'un autre côté, on a $(P' + p')$ sin. i = 1434liv.; F = 42liv. × 12 = 504liv. φ = 204liv. (d'après l'expérience XXVI) $^1/_4\ \pi$ sin. i = 23liv.

$$\frac{\left[P' + p'\frac{\delta}{\rho} + \pi + \pi_1 + \pi_3\right]e}{r\,t^2}$$

= 77liv.; ce qui donne pour la valeur de la résistance totale (1434 + 504 + 204 + 23 + 77liv.) × 3165pi. = 2242liv. × 3165 = 7095930liv. × 1pi. (98065k. élevés à 1m. en 570″, ou 1720k. élevés à 1m. en 1″).

Ainsi le coefficient de l'effet utile est égal à 0·308 environ.

La vitesse du piston était de 234pi. (71m.32) par minute, et celle des chariots de 333pi. (101m.50).

Expérience XXX. Machine à haute pression, avec un cylindre de 16po. de diamètre (0m.405). Pression de la vapeur dans la chaudière, 50liv. par pouce carré (3k.51 par centimètre carré); longueur du plan, 2892pi. (881m.45); hauteur, 57pi.7po. (17m.55). Le plan ainsi que la corde de remorque étaient les mêmes que dans l'expérience XXV.

Huit chariots chargés, pesant chacun 8624li. (3910k.21), ont été remorqués dans l'espace de 390″, et la machine a donné 400 coups de piston, de 5pi.6po. (1m.67) de course.

La surface du piston étant de 201po.car. et la pression de la vapeur de 50liv., on voit que le travail de la machine est égal à 201 × 50liv. × 400 × 5pi.,5 = 22110000liv. × 1pi. (3055602k. × 1m. en 390″, ou 7835k. × 1m. en 1″). D'un autre côté, on a $(P' + p')$ sin. i = 1373liv.; F' = 40 × 8 = 320liv., φ = 304liv.; $^1/_4\ \pi$ sin. i = 37liv.

$$\frac{\left[P' + p'\frac{\delta}{\rho} + \pi + \pi_2 + \pi_3\right]e}{r\,t^2} = 96^{liv.},$$ ce qui donne pour la valeur de la résistance (1373 + 320 + 304 + 37 + 96liv.) × 2892pi. = 6159960liv. × 1p. (851306k. × 1m. en 390″, ou 2183k. × 1m. en 1″).

D'après cela, le coefficient de l'effet utile est égal à 0·27 environ.

La vitesse du piston était de 333pi. par minute (101m.50), et celle du convoi de 445pi. (135m.63).

La même machine, soumise à une nouvelle expérience, a traîné en 420″ neuf chariots chargés. Dans ce cas, comme dans le précédent, le travail effectué par la machine, pendant la durée de l'expérience, est de 22110000liv. × 1pi. (3055602k. × 1m. en 420″, ou 7285k. × 1m. en 1″).

D'un autre côté, on a $(P' + p')$ sin. $i =$ 1544liv., $F' =$ 360liv., $\varphi =$ 304liv.,

$\frac{1}{2}\pi$ sin. i=37liv., et $\dfrac{\left(P'+p'\frac{\delta}{\rho}+\pi+\pi'+\pi_{1}\right)e}{r\,t^2}$

= 94liv., ce qui donne pour la valeur de la résistance 2339liv. × 2892pi. = 6764388liv. × 1pi. (934838k. × 1m. en 420″, ou 2226k. × 1m. en 1″).

D'après cela, le coefficient de l'effet utile est égal à 0·30 environ.

La vitesse du piston est ici de 314 pieds par minute (95m·71), et celle du convoi de 413pi. (125m·87).

Dans cette nouvelle expérience, l'effet utile est plus grand que dans l'expérience précédente; mais la vitesse se trouve diminuée à peu près dans le même rapport. Dans le premier cas, en effet, l'effet utile est de 0·27, et la vitesse est de 338pi. par minute; dans le second, l'effet utile est de 0·30, et la vitesse de 314pi.; en tenant compte de cette circonstance, on trouve que les résultats obtenus sont dans le rapport de 338 × 27 à 314 × 30, ou de 9126 à 9340.

Il résulte de ces expériences, que l'effet utile des machines à haute pression est supérieur à celui des machines à condenseur; mais que cependant il ne surpasse pas les 3/10 de la force dépensée. Cette valeur est plus faible qu'on n'aurait pu le supposer, ce qui est dû sans doute à la grande vitesse du piston. Plus tard, en traitant la question des machines locomotives, nous apprécierons l'influence de cette vitesse sur l'effet des machines à haute pression.

Les expériences précédentes suffiront du reste pour permettre de régler convenablement la force d'une machine destinée à remorquer les convois sur un plan incliné. On se servira pour cela de la formule (12).

$$Q = (P' + p' + {}^1/_2\,\pi)\ \text{sin.}\ i + F + \varphi\frac{\left[P' + p'\frac{\delta}{\rho} + \pi + \pi_1 + \pi^2\right]e}{r\,t^2},$$

dans laquelle Q représente l'effet utile de la machine. Cet effet utile, d'après ce qui précède, est égal, dans le cas des machines à haute pression, aux 3/10 seulement de la puissance de la machine, estimée d'après la pression de la vapeur sur le piston. Ce résultat peut être admis comme règle dans la pratique pour les machines à haute pression. Quant aux machines à condenseur, nous évaluerons leur puissance à la manière ordinaire, c'est-à-dire en force de chevaux, en admettant que la puissance d'un cheval équivaut à 33000liv. transportées à 1pi. en 1″ (75k. environ élevés à 1m. en 1″).

Supposons, par exemple, que sur un plan de 3000pi. (914m·30) de longueur, et de 60pi (18m·28) de hauteur, on veuille remorquer en 300″ un convoi composé de 9 chariots pesant chacun 9408 liv. (4265k.72), la corde ayant 5po. (0m·127) de circonférence

on a $(P' + p')$ sin. $i = 9408 \times 8 \times \frac{60}{3000}$

$= 1505$liv.; $F' = \frac{9408 \times 8}{200} = 376$liv., (en prenant le coefficient du frottement égal à 1/200);

$\varphi = \frac{\pi + \Pi_1 + {}^1/_2\Pi_1}{3{,}5\varphi} = \frac{4065 + 4500 + 1500}{3{,}5 \times 16}$

= 180liv., et 1/2 π sin. $i =$ 40liv.; en supposant que le poids de la corde soit de 4065liv., celui du tambour de 4500liv., et que les rouleaux, placés de 30 en 30 pieds, pèsent chacun 30liv. (13k·60).

Si l'on transporte ces valeurs dans la formule (12).

$$Q = (P + p' + {}^1/_2\,\pi)\ \text{sin.}\ i + F' + \varphi + \frac{\left(P' + p'\frac{\delta}{\rho} + \pi + \pi_1 + \pi_3\right)e}{r\,t^2};$$

on trouve Q = 2284liv. Ce poids mû avec une vitesse de 300pi. en 5′, représente une quantité d'action égale à 1370400liv. transportées à 1pi. en 1′ (3146k. élevés à 1m. en 1″), c'est-à-dire une force de 41 chevaux 1/2 environ. Mais ici, comme sur les plans automoteurs, un excès de force est nécessaire pour obtenir en toute saison un service régulier. En ajoutant un 1/7 en sus, on trouve que la puissance de la ma-

chine doit être de 47 chevaux $^1/_2$ environ.

Si l'on suppose maintenant que le chemin soit à double voie, et qu'un convoi de chariots vides descende, tandis qu'un pareil nombre de chariots chargés est remorqué par la machine, on aura recours à la formule (13) :

$$Q = F + F' + \varphi + (P' + p') \sin. i. - (P + p) \sin. i + \frac{\left[P + p\frac{\delta}{\rho} + P' + p'\frac{\delta}{\rho} + \pi + \pi_1 + \pi_2 \right] e}{r\, t^2}$$

Supposons que le poids de chaque chariot vide soit de 3472$^{\text{liv.}}$ (1574$^{\text{k.}}$), nous aurons $(P + p) \sin. i = 3472 \times 8 \times {}^{60}/_{1000} =$ 555$^{\text{liv.}}$

$$F = \frac{3472 \times 8}{200} = 138^{\text{liv.}}\ \varphi = \frac{\pi \times \Pi + \Pi_1 + \Pi_2}{3{,}5 \times \gamma} = 274^{\text{liv.}},$$

On a d'ailleurs, comme dans l'exemple précédent $(P' + p') \sin. i = 1505^{\text{liv.}}$; d'où $Q = 1999^{\text{liv.}}$ Ce poids étant transporté à 3000$^{\text{pi.}}$ en 5', équivaut à 1199400$^{\text{liv.}}$ × 1$^{\text{pi.}}$ en 1' (27626$^{\text{k.}}$ × 1$^{\text{m.}}$ en 1'') ; ce qui représente une force de 36 chevaux $^1/_2$ environ. En ajoutant $^1/_7$ pour obtenir un service régulier dans les mauvais temps, on trouve que la force de la machine doit être de 41 chevaux $^1/_2$. D'après cela, l'effort exercé par le convoi descendant équivaudrait à une force de 6 chevaux environ.

3° *Chevaux.*

La puissance du cheval, ainsi que nous l'avons déjà vu, a été très-diversement évaluée par les auteurs qui se sont occupés de cette question. La force réelle de ce moteur ne doit pas être estimée d'après l'effort qu'il peut exercer pendant un instant très-court et en déployant toute son énergie, mais d'après l'effort constant qu'il est capable d'exercer chaque jour, et pendant un long espace de temps, sans éprouver d'affaiblissement ni de fatigue.

Les chemins de fer sont très-propres à indiquer la valeur de cette force, car la résistance à vaincre est toujours la même, et en général la faible inclinaison de la route n'a que peu d'influence sur la quantité d'action déployée par le cheval pour transporter son propre poids.

Nous présentons dans le tableau suivant la valeur de la résistance surmontée par le cheval sur divers chemins de fer, où ce genre de moteur a été employé pendant plusieurs années.

TABLE I.

Chemin de fer à rails saillans, des houillères de Killingworth. Un cheval traîne à la descente six chariots chargés, pesant chacun 8540 liv. (3872k.12), et semblables à ceux de l'expérience I, no. 1; il remonte ensuite avec six chariots vides pesant chacun 2604 liv. (1180k.67), comme dans l'expérience I, no. 7. Le frottement, pour chaque chariot chargé, est de 40 liv. (18k.13), et pour chaque chariot vide, 14 liv. (6k.34).

DISTANCES parcourues.	HAUTEURS correspondantes sur le plan incliné.	POIDS des six chariots chargés, décomposé suivant la direction du plan.	RÉSISTANCE totale, égale à la différence entre le frottement et le poids des chariots.	POIDS des chariots vides, décomposé suivant la direction du plan.	RÉSISTANCE totale, égale à la somme du frottement et du poids des chariots.
mèt.	mèt.	kil.	kil.	kil.	kil.
100.58	0.165	38.08	70.70	11.33	49.37
100.58	0.304	70.28	38.50	21.30	59.34
100.58	0.419	96.57	12.21	29.47	77.51
100.58	0.460	108.36	0 42	32.64	70 68
100.58	0.356	82.06	26.72	24.94	62.98
100.58	0.432	99.29	9.49	30.37	68.41
100.58	0.457	105.19	3.59	32.19	70.23
100.58	0.775	178.63	.	54.41	92.45
100.58	1.117	257.98	.	78.44	116.48
100.58	0.647	149.17	.	45.34	83.38
100.58	0.051	11.33	97.45	3.17	41.21
100.58	0.203	46.70	62.08	14.05	52.09
100.58	0.279	64.38	44.40	19.50	57.54
100.58	0.609	140.55	.	42.62	80.66
100.58	0.596	137.83	.	41.72	79.76
100.58	0.000	.	108.78	0.	38.04
100.58	0.356	82.06	26.72	24.94	62.98
100.58	1.016	234.40	.	71.18	109.22
100.58	0.850	196.32	.	59.85	97.89
60.35	0.228	87.96	20.82	26.75	64.79

On voit que la résistance est moyennement de 60liv. (27k.20) pour la descente, et de 157liv. (71k.18) pour la remonte des chariots vides. La moyenne est de 109liv. (49k.20), et la distance parcourue de 2156 yards (1971m.40).

Les chevaux étaient lourds et vigoureux; ils faisaient ordinairement ce trajet huit fois par jour, et parcouraient ainsi une distance de 19 milles environ (30k.577) On n'employait d'abord que quatre chevaux pour le service des houillères; mais on jugea nécessaire d'ajouter un cheval de réserve pour pouvoir donner à chacun d'eux un jour de repos, en sorte que le travail était réellement effectué par cinq chevaux.

TABLE II.

Chemin de fer à rails saillans des houillères de Backworth. Un cheval traîne à la descente six chariots chargés, pesant chacun 9010 liv. (4085k 26), et remonte avec six chariots vides, pesant chacun 3080 liv. (1396k51). Le frottement pour chaque chariot chargé est de 42 liv. (19k.04), et pour chaque chariot vide de 15 liv. (6k.80).

DISTANCES parcourues.	HAUTEURS correspondantes	POIDS des six chariots chargés, décomposé suivant l'inclinaison du plan.	RÉSISTANCE totale, égale à la différence entre le frottement et le poids des chariots.	POIDS des chariots vides, décomposé suivant l'inclinaison du plan.	RÉSISTANCE totale, égale à la somme des frottemens et du poids des chariots.
mèt.	mèt.	kil.	kil.	kil.	kil.
100.58	0.381	92.49	21.75	31.74	72.54
100.58	0.368	89.31	24.93	30.37	71.17
100.58	0.178	43.07	71.17	14 51	55.31
100 58	0.368	92.49	21·75	30.37	71.17
100 58	0.127	30.81	83.43	10.43	51.23
100.58	0.140	34.00	80.24	11.34	52.14
100.58	0.457	111.08	3.16	38.08	78 88
100.58	0.317	77.08	37.16	26.30	67.10
100.58	0 419	102.01	12.23	34.91	75.71
100.58	0.457	101.08	13.16	38.08	78.88
100.58	0.787	191.79	.	65 28	106.08
100.58	0 622	151.43	.	51.68	92.48
100.58	0.978	238.03	.	81.16	121.96
100.58	0.660	160.50	.	54.84	95.66
100.58	0.508	123.78	.	42.17	82.97
100.58	0.787	191.79	.	65.28	106.08
100.58	1.219	296.98	.	101.56	142.36
100.58	1.016	247.56	.	84.33	125.13
125.26	1.054	205 84	.	87.51	128.31

Ici, comme sur le chemin de fer de Killingworth, les chevaux étaient très-vigoureux. La résistance était moyennement de 42liv. (19k·04) à la descente, et de 189 liv. (85k·69) à la remonte; c'est-à-dire, en moyenne de 115liv. (52k·36). Les chevaux faisaient ordinairement huit voyages par jour; en sorte que leur trajet s'élevait à 19 milles (30k·577). Les résultats renfermés dans la table précédente peuvent être considérés comme indiquant le travail maximum dont le cheval est capable, et comme indiquant aussi la plus grande résistance qu'un cheval vigoureux peut surmonter accidentellement.

TABLE III.

Chemin de fer de Team, à rails saillans. Un cheval traîne à la descente quatre chariots chargés, pendant l'été, et remonte un pareil nombre de chariots vides. Pendant l'hiver, il ne traîne que trois chariots dans chaque direction. Le poids des chariots chargés est de 8540liv. (3872k 12), et celui des chariots vides de 2604liv. (1180k.68); le frottement est de 40liv. (18k.14), pour les premiers, et de 14liv. (6k.34) pour les secondes.

LONGUEUR du plan.	HAUTEURS correspondantes.	RESISTANCE AVEC QUATRE CHARIOTS.				RESISTANCE AVEC TROIS CHARIOTS.			
		POIDS des chariots chargés décomposé suivant le plan.	RÉSISTANCE totale à la descente.	POIDS des chariots vides décomposé suivant la direction du plan.	RÉSISTANCE totale à la remonte.	POIDS des chariots chargés.	RÉSISTANCE totale à la descente.	POIDS des chariots vides.	RÉSISTANCE totale à la remonte.
m.	m.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
131.06	2.28	242 03	.	74.90	100.29	182.27	54.41	55.77	74 81
152.40	0.81	82.52	.	24.94	50.33	62 11	.	19.04	38.08
152.40	1.47	149.62	.	45·34	70.73	112.44	.	34 00	53.01
152.40	1.22	123.78	.	37.63	63.02	92.95	.	28.56	47 60
152.40	1.06	108.36	.	32.65	58.04	81.61	.	24.48	43.52
152.40	1.27	128.76	.	38.99	64.38	96.57	.	29.47	48.51
152,40	0.94	95.21	.	29.01	54.40	71.64	.	21.76	40.80
152.40	0.	.	72.54	.	25.39	0.	54.41	.	19 04
152.40	—0.15	15.41	87.95	4.53	20.86	11.79	66 20	3.63	15.41
152.42	—0.81	82.52	155.06	24.94	0.45	62.11	116.52	19.04	.
152.40	—0.23	23.12	95.66	6 80	18.59	17.68	72 09	5.44	13 60
152.40	0.07	7.70	64.84	2 27	27.66	5.89	48 52	1.81	20.85
152.40	0.18	17.68	54.86	5.44	30.83	13.60	40.81	4.08	23.12
152.40	0.07	7.70	64.84	7.70	33.09	5.89	48.52	5.89	24.93
152 40	0.33	33.55	38 99	9.97	35.36	25.39	29.02	7.70	26.74
152.40	0.43	43.53	29.01	14.15	39.54	32.55	21.86	9.97	29.01
152.40	0.35	35.82	36.72	10.83	36.27	27.20	27.21	8.16	27.20
152.40	0.58	58.91	13.60	17.68	43.07	44.43	9.98	13.60	32.64
152.40	1.07	108.36	.	32.64	58.03	81.61	.	24.48	43.52
152.40	0.73	74 81	.	22 67	48.06	56.22	.	17.22	36.26
152.40	0.48	48.97	23.57	14.50	39 89	36.72	12.69	10.88	29.92
121.92	0.43	54.41	18.13	16.32	41.71	40.81	13.60	12.24	31.28
182.88	1.12	94.31	.	28.56	53.95	122.86	.	18.58	37.62
152.40	0.86	87.51	.	26.75	52.14	65.74	.	20.40	39.44
137.16	0.51	57.13	15.45	17.22	42.61	43.07	11.34	13.15	32.19

Les chevaux employés sur ce dernier chemin de fer, sans être aussi lourds ni aussi vigoureux que ceux des chemins de Bachworth et de Killingworth, sont cependant de moyenne force. La résistance qu'ils surmontent est de 70liv. (31k.74) environ, avec les chariots chargés, et avec les chariots vides de 100liv. (45k.34); c'est-à-dire moyennement de 85liv. (40k.04). Chaque cheval fait le trajet quatre fois par jour, et parcourt ainsi ne distance de 20 milles (32k.186). En hiver, c'est-à-dire pendant cinq mois de l'année, ils ne peuvent traîner que trois chariots. La résistance, sur un des points de la route, s'élève à 342liv. (155k.06); mais comme cette distance est faible, et que les chariots y arrivent doués d'une grande rapidité, la vitesse acquise aide le cheval à franchir ce mauvais pas.

La résistance moyenne dans la table II s'élève à 115liv. (52k.36). et dans la table III, à 85liv. (40k.04). Si l'on considère ces deux quantités comme représentant l'effort exercé, l'une par les chevaux de première force, l'autre par les chevaux de qualité inférieure, nous trouverons que 100liv. (45k.34) indiquent à peu près l'effort constant que les chevaux de force moyenne

peuvent exercer sur un chemin horizontal, en parcourant 20 mille (32 k.) par jour. Si l'on suppose maintenant que le frottement des chariots soit égal à $^1/_{140}$ de leur poids, on voit que le cheval peut traîner un poids de 24000liv. (10tonn.881). Toutefois, comme pendant l'hiver la résistance des chariots surpasse la valeur indiquée dans la table, nous pouvons peut-être prendre pour mesure de l'effort du cheval, la moyenne des tables I et II, c'est-à-dire un poids de 112liv. (50kil.98); en supposant que le cheval marche avec une vitesse de 2 milles (3218m.) par heure, et qu'il parcourt 20 milles (32k.) par jour. Dans ce cas, le poids transporté sur un chemin horizontal serait de 12 tonnes (12187k.).

Si l'on admet cette dernière évaluation, on voit qu'en définitive le travail du cheval est représenté par un poids de 240 tonnes (243tonn.755) transporté à un mille (1609m.) de distance en un jour; et comme le cheval effectue ce travail en prenant tout naturellement le pas qui lui convient le mieux, on peut considérer ce résultat comme indiquant le maximum d'effet utile. Nous n'avons pas fait connaître dans chaque table quelle était la vitesse de la marche du cheval; cette vitesse était sans doute très-variable, suivant les difficultés que présentaient les diverses parties du chemin. Toutefois, dans la table I, elle ne dépassait pas moyennement 2 milles par heure (3218m.), et je suis porté à croire, d'après les observations attentives que j'ai faites sur différens points de la route, que dans les autres cas elle n'était pas plus considérable.

Je ne connais aucune expérience entreprise dans le but de déterminer les quantités de travail relatives que peut effectuer le cheval en marchant avec différentes vitesses. Mais il est facile de juger, par l'exemple des voitures employées sur des routes ordinaires, que l'augmentation de vitesse diminue considérablement la puissance, en exigeant de lui un effort musculaire beaucoup plus considérable pour porter son corps en avant.

J'ai cherché à déterminer approximativement le rapport entre l'effet utile du cheval et la vitesse de sa marche, à l'aide d'une formule empirique. Pour cela, j'ai remarqué que lorsqu'on laisse le cheval prendre librement le pas qui lui convient, les chevaux lourds, comme ceux des expériences I et II, marchent généralement avec une vitesse de 2 milles à l'heure (3218m.), et les chevaux plus légers, avec une vitesse de 2 milles $^1/_2$ (4023m.) J'ai considéré ces vitesses comme celles qui permettent au cheval d'effectuer un travail donné avec la moindre fatigue, et en même temps d'effectuer le plus grand travail possible. J'ai constamment observé, en effet, qu'en forçant le cheval à prendre un pas plus rapide, il se fatigue beaucoup plus pour produire le même effet utile.

J'ai admis en second lieu, comme résultat des expériences précédentes, qu'un cheval marchant avec une vitesse de 2 milles (3218m.) à l'heure, pendant dix heures par jour, c'est-à-dire parcourant en un jour un espace de 20 milles (32k lom.), déploie un effort constant de 112liv. (50k.78). Si l'on suppose que le rapport du tirage à la charge, sur un chemin de niveau, soit égal à $^1/_{140}$, ainsi que nous l'avons indiqué précédemment, on voit que cet effort suffit pour transporter un poids de 12 tonneaux ou 240 quintaux (12187k.) à une distance de 2 milles (3218m.) en une heure.

D'après cela, l'effet utile du cheval, dans les circonstances que nous venons d'indiquer, a pour mesure 240quint. transportés à 2mill. en une heure, ou 480quin. $\times$ 1mill.; et la quantité d'action dépensée a pour expression 112liv. $\times$ mill. $=$ 224liv. $\times$ 2 1mill..

Enfin j'ai admis que la force musculaire nécessaire au cheval pour transporter son propre poids, force qui est au moins sept fois plus grande que l'effort exercé sur la charge, augmente avec la vitesse de marche de telle sorte, que le poids transporté, multiplié par le nombre de milles parcourus en une heure, donne un produit constant, égal à 480quint. $\times$ 1mill.

D'après cela, si l'on appelle v la vitesse du cheval, c'est-à-dire le nombre de milles parcourus en une heure, la force qu'il peut déployer avec une vitesse quelconque v, serait égale à $\frac{224^{liv.}}{v}$; et le poids transporté sur un chemin horizontal aurait pour mesure $\frac{480^{quint.}}{v}$(1).

(1) Pour appliquer ces formules, on se rappellera que 1 livre anglaise est égale à 0kil.453; et 1 mille, à 1kilom.609. Il est du reste facile de les transformer immédiatement en mesures françaises. En effet si l'on suppose que v représente le nombre de kilomètres parcourus en 1 heure, elles deviennent

$$\frac{163^{kil.}41}{v} \text{ et } \frac{39220^{kil.}}{v}$$

(*Note des trad.*)

Le professeur Leslie, dans ses Élémens de philosophie naturelle, donne également une formule pour calculer l'effort que peut développer un cheval avec différens degrés de vitesse. Il annonce que cet effort peut être représenté en livres, avec assez d'exactitude, par l'expression $(12-\nu)^2$ dans laquelle ν indique le nombre de milles parcourus en une heure. D'après cela le cheval développerait, à l'origine de son mouvement, une force de 144liv. (65k. 29), et pourrait exercer un effort constant de 100liv. (45k. 34) avec une vitesse de 2 milles (3218m.) à l'heure ; cet effort se réduirait à 64 liv. (29k.) pour une vitesse double, et enfin à 36liv. (16k. 92) si la vitesse s'élevait à 6 milles (9kilom. 655) par heure. On voit ainsi que le plus grand effet utile correspond à une vitesse de quatre milles (6kilom. 437) à l'heure (1).

La règle de M. Leslie a été récemment adoptée par plusieurs auteurs. Quand à nous, nous ne modifierons pas maintenant les calculs que nous avions établis avant de connaître cette formule, d'autant plus que nos résultats diffèrent peu de ceux auxquels elle conduit, pour la vitesse que l'on a ordinairement à considérer. Nous nous contenterons de réunir dans la table suivante les résultats fournis par chacune des deux formules, afin de mettre le lecteur à même de les comparer l'une à l'autre. Les chiffres des colonnes 3 et 5 sont déterminénés en supposant que la résistance soit égale a $\frac{1}{240}$ de la charge, et que le cheval parcoure 20 milles (32kilom. ou 8lieues.) par jour.

TABLE IV.

VITESSE par heure.		FORCE développée par le cheval, d'après la formule $\frac{224 \text{ liv.}}{\nu}$	POIDS transporté à une distance de 32 kilomètres en un jour, d'après la formule $\frac{480 \text{ quint.}}{\nu}$	FORCE développée par le cheval d'après la formule $(12-\nu)^2$	POIDS transporté à une distance de 32 kilomètres en un jour, d'après la formule $(12-\nu)^2$
mill.	kilom.	kil.	tonn.	kil.	tonn.
2	3.218	50.78	12.187	45.34	10.882
3	4.827	33.85	8.125	36.72	8.813
4	6.437	25.39	6.094	29.01	6.962

Les chiffres indiqués dans la table précédente peuvent s'appliquer aux faibles vitesses que l'on adopte sur les chemins de fer particuliers. Mais si l'on veut rechercher jusqu'à quel point les chevaux peuvent entrer en concurrence avec les machines, pour le transport rapide des voyageurs, il est nécessaire de déterminer la quantité de travail qu'ils peuvent effectuer, en supposant qu'ils marchent avec la plus grande vitesse dont ils soient susceptibles.

D'après la formnle de M. Leslie, les efforts développés par un cheval, avec des vitesses de 2 milles 1/2 et 10 milles par heure (4kilom. et 16kilom.), sont comme 9 : 1 M. Tredgold, dans son ouvrage sur les chemins de fer, indique la proportion de 4 : 1. M. Rastrick, dans son rapport sur le chemin de fer de Liverpool, donne les mêmes chiffres, tandis que M. Walker, dans le rapport qu'il a présenté sur le même sujet, indique la proportion de 6,4 : 1.

Notre formule nous conduit au même résultat que M. Tredgold, c'est-à-dire à la

(1) La formule $(12-\nu)^2$, transformée en mesures françaises, devient

$$0\text{kil.}453\left(12\,\frac{1.609}{\nu'}\right)^2$$

en supposant que ν' représente le nombre de kilomètres parcourus en une heure.

Quant au maximum d'effet utile, il correspond en effet à une vitesse de 4 milles par heure, car la quantité d'action dépensée par le cheval pendant une heure est $(12-\nu)^2\,\nu$; or. en égalant à zéro la différentielle de cette quantité, on a $(12-\nu)^2 - 2(12-\nu)\,\nu=0$; et si l'on supprime le facteur $12-\nu$ qui correspond au minimum, on trouve pour le maximum $3\nu=12$ ou $\nu=4$.

(*Note des trad.*)

proportion de 4 : 1. Nous pensons en effet que ces chiffres représentent assez exactement le rapport entre les efforts constans que le cheval peut exercer sur sa charge, avec des vitesses de $2^{mil.}$ 1/2 et $10^{mil.}$ par heure. Mais nous remarquerons que pour atteindre cette seconde vitesse, le cheval force considérablement son pas naturel, et il en résulte pour lui une telle fatigue, qu'il est loin de pouvoir parcourir en un jour une aussi longue distance que dans le premier cas. Il est donc nécessaire, lorsque la vitesse dépasse une certaine limite, de modifier les résultats de notre formule pour obtenir le travail effectif du cheval.

Nous trouvons sur ce point un document fort précieux dans une pétition présentée à la chambre des communes, le 3 mai 1830, par les propriétaires des voitures publiques qui exploitent les routes à barrières comprises entre Liverpool et Manchester (1). A cette époque, il existait 33 voitures sur les différentes routes partant de Liverpool, savoir : 26 pour Manchester, 12 pour Bolton, 2 pour Wigan, et 1 pour Saint-Hélens. Chacune de ces voitures faisait tous les jours un voyage et un retour. Le nombre total de kilomètres parcourus était :

Sur la route de Manchester, $37^{mil.} \times 2 \times 26 = 1924^{mil.}$ ($3096^{kilom.}$ ou 774^{lieues});

Sur la route de Bolton $33^{mil.}$ 1/2 $\times 2 \times 4 = 268^{mil.}$ ($431^{kil.}$ ou 107 lieues 1/2);

Sur la route de Wigan, $22 \times 2 \times 2 = 88^{mil.}$ ($141^{kilom.}.60$ ou 45^{lieues} 1/2);

Sur la route de Saint-Hélens, $12 \times 2 \times 1 = 24^{mil.}$ ($38^{kilom.}.60$ ou 9^{lieues} 1/2).

L'espace total parcouru chaque jour était donc de $2304^{mil.}$ ($3707^{kilom.}$ ou 926^{lieues} 1/4). Ce service occupait 709 chevaux ; et comme chaque attelage se composait de quatre chevaux, la distance moyenne parcourue en un jour par chaque cheval était de $\frac{2304 \times 4}{709} = 13^{mil.}$ ($20^{kil.}.281$, 5^{lieues} 1/4). Les pétitionnaires annoncent qu'avec un pareil service, il fallait renouveler les chevaux tous les trois ans. La vitesse du transport, quoique très-considérable, n'excédait pas cependant 10 milles à l'heure ($16^{k.}$ ou 4^{lieues}). Il suit delà que les quantités de travail correspondant à des vitesses de $2^{mil.}$ 1/2 ($4^{k.}$ ou 1^{lieue}) et $10^{mil.}$ ($16^{k.}$ ou 4^{lieues}) à l'heure, sont à peu près dans le rapport de 6 à 1.

D'après cela nous pensons que la formule $\frac{224}{v}$ pourra donner des résultats assez rapprochés de la vérité, si, à partir d'une vitesse de $3^{mil.}$ à l'heure ($4^{k}.827$), on diminue les valeurs qu'elle fournit de 5 pour 100 à chaque mille d'augmentation dans la vitesse. Cette règle, sans être théoriquement exacte, suffira peut-être dans la pratique. C'est d'après cette donnée que nous avons calculé les charges qu'un cheval peut traîner avec différentes vitesses, sur un chemin de fer de bonne construction, en admettant que le frottement des chariots ne surpasse pas 1/240 de leur poids. Ces résultats sont présentés dans le tableau suivant :

TABLE V.

VITESSE par heure.	FORCE DÉVELOPPÉE par le cheval.	TRAVAIL EFFECTUÉ, ou nombre de tonneaux transportés à 1 kilom. en un jour.	RAPPORT des effets utiles correspondans aux différentes vitesses.
kil.	kil.	tonn.	
6.537	24.12	185.241	3.65
8.046	18.28	140.390	2.76
9.655	14.43	110.822	2.18
11.265	11.61	89.165	1.75
12.874	9.52	73.114	1.44
14.483	7.90	60.672	1.19
16.093	6.61	50.765	1.00

Nous allons actuellement indiquer les quantités de travail qu'un cheval peut effectuer sur des chemins de fer présentant différens degrés d'inclinaison. Nous remar-

(1) Voyez la note 1 à la fin du chapitre.

querons d'abord que, dans beaucoup de cas, la majeure partie, ou même la totalité des transports, a lieu dans le même sens. Or on voit, d'après les tables précédentes, que lorsque le cheval n'est chargé que sur l'une des directions, il peut déployer dans ce sens un effort beaucoup plus considérable que sur l'autre moitié de la route. Ainsi, sur le chemin de fer de Backworth, l'effort moyen dans une des directions est de $189^{liv.}$ ($85^{k}.69$), et même de $247^{liv.}$ ($111^{k}.99$) sur une longueur d'un demi-mille ($804^{m}.65$). Sur le chemin de Killingworth l'effort moyen est de $157^{liv.}$ ($71^{k}.18$), ou plutôt de $168^{liv.}$ ($96^{k}.6$) si l'on néglige quelques portions de route qui présentent des irrégularités accidentelles; et l'effort maximum est de $725^{liv.}$ ($110^{k}.52$). Les chevaux parcourent chaque jour 10 milles avec cette charge, les 10 autres milles étant parcourus avec les chariots vides.

D'après cela nous admettrons que l'effort maximun du cheval sur l'une des directions est de $180^{liv.}$ ($81^{k}.61$), et de $60^{liv.}$ ($27^{k}.20$) sur l'autre, ce qui donne une moyenne de $120^{liv.}$ ($54^{k}.41$); nous supposerons de plus le frottement des chariots égal à $^{1}/_{224}$ de la charge. C'est d'après ces données que nous avons calculé dans la table suivante les charges qu'un cheval peut trainer sur des plans de différentes inclinaisons, en parcourant 20 milles par jour, ou 10 milles dans chaque direction.

TABLE VI.

INCLINAISON du plan.	CHARIOTS chargés à la remonte, et chariots vides à la descente.	CHARIOTS chargés à la descente, et chariots vides à la remonte.	CHARGE ÉGALE dans les deux directions.
	tonn.	tonn.	tonn.
0.	18.28	18.28	12.20
1 sur 4480	17.44	18.75	»
3360	17.00	18.91	»
2240	16.60	19.24	»
1680	15.88	19.34	»
1120	15.23	20.31	»
1000	14.92	20.62	»
900	14.63	20.88	»
800	14.25	21.36	»
700	13.88	21.75	»
600	13.30	22.50	»
500	12.60	23.57	»
448	12.18	24.37	»
400	11.70	25.40	11.70
350	11.12	26.90	11.12
300	10.45	27.80	10.45
250	9.62	28.86	9.62
200	8.63	25.90	8.63
150	7.34	21.95	7.34
100	5.64	16.90	5.64

Les chiffres de la table précédente ont été calculés, comme nous l'avons dit, d'après l'effort moyen du cheval; mais nous voyons, dans les tables I et II, que les chevaux vigoureux peuvent développer, pendant un court espace de temps, un effort de $240^{liv.}$, ou même de $250^{liv.}$ ($108^{k}.82$, ou $113^{k}.35$). Si donc il se rencontre sur la ligne du chemin quelques rampes trop fortes, on peut compter que sur ces points le cheval sera capable de developper un effort supérieur d'un tiers à celui qui est indiqué dans les colonnes 2 et 3, et moitié plus fort que celui de la colonne 4.

Dans la quatrième colonne, nous prenons un poids de $12^{tonn.}20$ pour mesure de la quantité de travail du cheval, depuis une inclinaison nulle jusqu'à une inclinaison de

1/448. Ce poids représente en effet le travail moyen sur l'une et l'autre direction, tant que la résistance à la remonte n'excède pas 180liv. (81k.61), c'est-à-dire la valeur que nous avons admise pour l'effort maximum du cheval. Mais cette dernière limite est dépassée du moment où l'inclinaison est plus grande que 1/448; et dès lors il est nécessaire de réduire comme nous l'avons fait, la mesure de l'effet utile.

On a adopté sur le chemin de fer de Stockton et Darlington, afin d'augmenter le travail utile des chevaux, une méthode qui m'a été indiquée par M. Story, ingénieur de la compagnie. La majeure partie du mouvement commercial sur cette route a lieu dans une seule direction, et plusieurs portions du chemin offrent dans ce sens des pentes suffisantes pour permettre aux chariots de descendre en vertu de leur propre poids. Chaque fois que cette circonstance se présente, on fait monter le cheval sur un chariot composé d'une plate-forme peu élevée, et placé à la suite du convoi, de sorte qu'il se trouve transporté sans fatigue au bas du plan incliné. Les chevaux s'habituent facilement à cette manœuvre, et ils peuvent ainsi parcourir une distance beaucoup plus considérable que s'ils marchaient constamment.

Avant l'emploi de cette méthode, le travail effectué pendant six jours consistait, d'une part, dans le transport de 12 tonneaux (12tonn.60) de marchandises et de 5 tonneanx 1/2 (5tonn.58) de chariots vides, à la distance de 87 milles (140k.); et, d'autre part, dans le transport de 5 tonn. 1/2 (5tonn.58) de chariots vides à la même distance. L'espace total parcouru était de 174 milles (280k.).

A l'aide de la disposition que nous venons d'indiquer, le travail effectué pendant le même temps consiste dans le parcours d'une distance de 120 milles (193k.), d'une part avec 12 tonneaux (12tonn.20) de marchandises, et 5 tonn. 1/2 (5tonn.58) de chariots vides, et d'autre part, avec 5 tonn. 1/2 (5tonn.58) de chariots vides seulement. Le trajet total est de 240 milles (386k.). M. Story observe d'ailleurs que, bien que la quantité de travail se trouve ainsi augmentée d'un tiers environ, l'état des chevaux, au lieu de se détériorer comme précédemment, s'améliore au contraire d'une manière sensible.

M. Brandreth, de Liverpool, a cherché à éviter la perte de force qu'éprouve le cheval en marchant avec une grande vitesse, et il a présenté, lors des expériences de Liverpool, une machine dans laquelle la vitesse des chevaux n'était que le tiers environ de celle du chariot qu'ils faisaient mouvoir.

Deux chevaux étaient placés sur le chariot, l'un à côté de l'autre, et faisaient tourner avec leurs pieds une espèce de plate-forme composée de planches étroites disposées en échelons. Celle-ci mettait en mouvement une roue dont le diamètre était environ le tiers de celui des roues de la voiture; de telle sorte que les chevaux, en parcourant 4 milles à l'heure (6k.437), imprimaient au chariot une vitesse de 12 milles environ (19k.311). On pouvait supposer, avec quelque raison, que cette disposition augmenterait la valeur de l'effet utile; car on sait que l'accélération de la marche du cheval détériore ses facultés physiques, et que d'ailleurs, avec une vitesse de 12 milles à l'heure, il est incapable d'exercer un effort égal au quart de celui qu'il développe avec une vitesse de 4 milles. Mais il restait à examiner si les frottemens et la manière désavantageuse dont la force se trouvait appliquée, ne contrebalanceraient pas cet effet. Pendant la durée des expériences, on a reconnu que la construction de la machine présentait quelques défectuosités, ce qui a forcé de suspendre les observations. J'ignore si depuis lors M. Brandreth a pu faire l'application de son appareil.

4°. *Machines locomotives.*

Nous ne nous occuperons ici que des machines locomotives dont le mouvement est déterminé par l'adhérence des roues sur les rails. Les seules qui ne soient pas fondées sur ce principe, sont les machines à crémaillière de M. Blenkinsop, qui sont encore en usage à Leeds. N'ayant pas eu l'occasion de déterminer, par expérience, la quantité de travail que ces machines peuvent effectuer, nous n'essaierons pas d'établir entre elles et les machines ordinaires un parallèle qui ne serait fondé que sur des hypothèses ou sur de simples ouï-dire.

Nous avons expliqué précédemment comment la force d'adhérence des roues sur les rails détermine la locomotion. Nous allons chercher actuellement à apprécier la valeur de cette force. Il est facile de voir que cette donnée est indispensable pour fixer le nombre de chariots ainsi que la pente que peut remonter une machine locomotive.

Or, on peut la déterminer, soit en observant d'une manière suivie la marche des machines locomotives sur différentes lignes de chemins de fer, soit en entreprenant des expériences directes. Ce dernier mode conduirait nécessairement à des résultats très-variables, suivant l'état de l'atmosphère; et il serait difficile d'entreprendre des expériences suffisamment multipliées. Mais on peut arriver à un résultat moyen, en faisant des observations dans les deux cas extrêmes, c'est-à-dire dans l'état le plus favorable et dans l'état le plus défavorable de la route. Le premier de ces deux cas se présente lorsque les rails sont complètement secs ou complètement mouillés; leur surface étant alors libre de toute matière étrangère, présente le maximum d'adhérence. Lorsqu'au contraire les rails sont seulement humides et couverts de boue sur une partie de leur surface, cette boue, interposée entre la jante et la roue, agit comme une substance lubrifiante, et rend l'adhérence la plus petite possible. Dans toute autre circonstance, l'adhérence est plus ou moins grande, suivant que l'état de la route se rapproche plus ou moins de ces deux cas extrêmes.

Cela posé, il est clair que la valeur totale de l'adhérence a pour mesure la force nécessaire pour faire glisser les roues sur la surface des rails, en supposant qu'on arrête leur mouvement de rotation; c'est-à-dire qu'elle est égale au poids de la machine multiplié par le rapport du frottement à la charge. Si donc l'on connaît le coefficient de frottement du fer glissant sur le fer, il sera facile de calculer, d'après le poids de la machine, son adhérence sur la surface des rails. On pourrait d'ailleurs déterminer directement ce coefficient, en empêchant les roues de tourner et en mesurant la force nécessaire pour mettre la machine en mouvement avec différentes charges.

Cependant cette méthode, bien que rigoureuse, ne fournirait peut-être pas une règle assez sûre pour la pratique. On remarquera en effet que la vapeur, aux différentes époques du coup de piston, agit sur chaque roue d'une manière très-variable; et cette irrégularité peut exercer une certaine influence sur les résultats. Aussi avons-nous cherché à déterminer la valeur de l'adhérence au moyen de deux expériences directes faites sur des machines actuellement en usage.

Expérience I. — Machine locomotive munie de roues en fonte de 3^{pi} (0^{m}.914) de diamètre, pesant 6$^{ton.}$ (6$^{ton.}$093), et contenant en outre 1$^{ton.}$ (1$^{ton.}$015) d'eau. Cette machine a traîné sur une route, dont l'inclinaison était de 134$^{po.}$ sur 1164$^{pi.}$ (0^{m}.0095 par mètre), 12 chariots chargés, pesant chacun 9408$^{liv.}$ (4265^{k}.72), et de plus un chariot d'approvisionnement pesant 1$^{ton.}$ $^{1}/_{2}$ ou 3360$^{liv.}$ (1523$^{k.}$) Les roues n'éprouvaient aucun glissement. Les rails étaient saillans, en fer fondu, et larges de 2$^{po.}$ $^{1}/_{2}$ (0^{m}.063) à leur bandeau supérieur. Leur surface était complètement sèche.

Le poids total du système était, d'après ce qui précède, de $16800 + 9408 \times 12 + 3360 = 133056^{liv.}$ Ce poids, décomposé suivant l'inclinaison du plan, est égal à

$$133056 \times \frac{134}{12 \times 1164} = 1277^{liv.}.$$

D'un autre côté, le frottement des chariots, évalué à 43$^{liv.}$ pour chacun d'eux, est égal à 516$^{liv.}$; celui du chariot d'approvisionnement est de 17$^{liv.}$; en sorte qu'en définitive la résisistance surmontée par la machine, non compris la force nécessaire pour transporter son propre poids, est égale à 1810$^{liv.}$, c'est-à-dire à $^{1}/_{9.28}$ de la pression exercée sur les rails. Si maintenant on prend pour mesure de la résistance de la machine un poids de 568$^{liv.}$, on voit que la résistance surmontée, et par suite la valeur de l'adhérence, est égale à $^{1}/_{7}$ de la charge, en supposant la surface de la route parfaitement sèche.

Expérience II. La même machine a traîné 29 chariots vides, pesant 3472$^{liv.}$ (1574^{k}.25) chacun, sur une rampe présentant une inclinaison de $^{1}/_{324}$ (0^{m}.003 par mètre). Les rails étaient en partie couverts de boue et dans l'état le plus défavorable; les roues glissaient un peu sur leur surface; cependant la machine avançait avec une vitesse de 4 milles (6^{k}437) à l'heure environ.

Le poids du convoi et de la machine, décomposé suivant l'inclaison du plan, est égal à $(16800 + 3360 + 3472 \times 29)\ ^{1}/_{324} = 120788 \times {}^{1}/_{324} = 372^{liv.}$. Le frottement des chariots est de $16 \times 29^{liv.} + 17^{liv.} = 481^{liv.}$; en sorte que la résistance s'élève à 853$^{liv.}$, c'est-à-dire à $^{1}/_{20}$ du poids de la machine. En supposant, comme précédemment, que le frottement de cette dernière soit de 568$^{liv.}$, l'adhérence serait égale à $^{1}/_{12}$ de la charge environ.

En adoptant ce résultat, on trouve que la machine pourrait, sur une route horizontale, traîner une charge de 70 tonneaux environ (71ton.). Mais nous observons que, dans l'expérience precédente, les roues glissaient un peu sur la surface des rails, et qu'il est nécessaire d'éviter cette circonstance fâcheuse, en diminuant convenablement le nombre des chariots.

Au reste, les observations que j'ai faites pendant plusieurs années sur le chemin de fer de Killingworth me portent à croire que la valeur précédente est trop élevée. Sur la route de Killingworth, les machines remorquent tantôt 9 et tantôt 12 chariots, pesant chacun 4 tonnes au moins (4ton.062); la rampe la plus forte pour les chariots chargés est de $^1/_{330}$, et pour les chariots vides de $^1/_{80}$. Dans les très-mauvais temps, les roues des machines glissent quelquefois avec une charge de 12 chariots; mais elles peuvent toujours, même dans les circonstances les plus défavorables, remorquer 9 chariots.

Si nous considérons ce dernier cas, nous trouverons que le poids des chariots, décomposé suivant l'inclinaison du plan, est de 8764liv. $\times 9 \times {}^1/_{330} = 239$liv., et celui de la machine de $(16800 + 3360) \times {}^1/_{330} = 61$liv. D'un autre côté, le frottement des chariots est égal à $40 \times 9 = 360$, et celui du chariot d'approvisionnement à 17liv., ce qui donne 677liv. pour la valeur de la résistance que la machine peut surmonter en toute saison et sans éprouver de glissement. Or, le poids total de la machine étant de 16800liv., on voit que l'adhérence est égale à $^1/_{25}$ de la charge.

Le résultat précédent a été obtenu avec une machine sans ressorts, et munie d'une chaine de communication destinée à réunir les deux paires de roues; du reste, la machine était semblable à celle qui est représentée *fig.* 1 et 2, pl. XII. Plus tard, lorsque l'on eut adopté les ressorts, ainsi que le mode de communication indiqué dans ces figures, on trouva que la valeur de l'adhérence était plus considérable. C'est un fait que j'ai eu plusieurs fois l'occasion de remarquer, et qui, du reste, a été démontré par plusieurs expériences directes. On en trouvera la preuve dans les observations suivantes qui ont été faites par MM. Walker et Rastrick, alors qu'ils cherchaient à déterminer le genre de moteur le plus convenable pour le chemin de fer de Liverpool à Manchester.

Ces expériences ont été faites sur une portion de chemin de fer, disposé pour déterminer le frottement des chariots. Les rails étaient saillans, en fer fondu, assemblés à mi épaisseur, et larges de 2po. $^1/_4$ (0m.056) à leur sommet. La route était partagée en intervalles de 330pi. (100m.58), présentant les inclinaisons suivantes: 1o. $^1/_{132}$, 2o. $^1/_{97}$, 3o. $^1/_{113}$, 4o. $^1/_{120}$, 5o. $^1/_{114}$.

EXPÉRIENCE III. Machine sans ressorts pesant 6ton. (6ton.093); roues en fonte de 3 pieds (0m.91) de diamètre; l'eau et le chariot d'approvisionnement pesant 3ton. (3ton.046).

No 1. La machine a parcouru les deux premiers relais, en traînant 4 chariots pesant chacun 4ton. (4ton.062). Les rails étaient couverts de neige fondue ou salis par de la poussière de charbon. Les roues, dans cette expérience, glissaient évidemment sur la surface des rails.

No 2. La machine a remorqué sur les mêmes portions de route 3 chariots de 4 tonneaux chacun (4ton.062), sans que les roues éprouvassent de glissement.

EXPÉRIENCE IV. Machine avec ressorts, pesant 7ton. $^1/_2$ (7ton.617); roues de 4pi. 2po. (1m.27) de diamètre. Les jantes, construites en fer forgé, avaient déjà servi pendant un an, mais ne paraissaient cependant pas en mauvais état. Le poids de l'eau et du chariot d'approvisionnement était de 2ton. $^1/_2$ (2ton.531).

No 1. La machine placée au bas des cinq relais a parcouru cet espace de 1722pi. (502m.90), en traînant 7 chariots de 4ton. chacun (4ton.062); et les roues ont fait pendant ce trajet 133 révolutions.

No 2. La machine a traîné 7 chariots, comme dans l'expérience précédente. Les roues ont décrit, sur le premier relais, 27 révolutions; sur le second, 27; sur les troisième et quatrième, 53; enfin, sur le cinquième, 26, c'est-à-dire en somme 133 révolutions.

No 5. Avec 6 chariots, le nombre des tours de roues a été le même.

No 6. On a marqué le point de contact de la roue et du rail, lorsque la machine était au sommet du plan; puis on l'a laissé descendre avec 6 chariots, jusqu'à ce que les roues eussent fait 68 tours. A partir de ce point, le convoi est remonté jusqu'à la première marque, et les roues ont fait pendant le retour 69 tours $^1/_2$. Mais comme il s'était produit au départ un glissement

considérable, on peut admettre que cette circonstance a occasioné la perte d'un tour de roues, et que le glissement à la remonte n'a été que d'un demi-tour de roues.

On voit que, dans l'expérience III, n° 1, la résistance était égale à $^1/_{20}$ du poids de la machine, et que cependant l'adhérence n'était pas suffisante pour prévenir le glissement des roues. Dans le n° 2, la résistance s'est réduite à $^1/_{24}$ de la pression, et il ne s'est manifesté aucun glissement sur les rails. Dans l'expérience IV, n° 1, pendant que la machine a parcouru un espace de 1732pi. (610m.18), les roues, dont le diamètre était de 4pi. 2po., ont fait 133 tours, et ont ainsi décrit un espace de 1741pi.. Il en résulte que les roues ont glissé sur une longueur de 19 pieds environ; la résistance était égale dans ce cas à $^1/_{16}$ du poids de la machine. Enfin, dans le n° 6, cette résistance était égale à $^1/_{18}$ de la pression; le glissement a été, comme nous l'avons vu, d'un demi-tour de roues, c'est-à-dire de 6pi. $^1/_2$ (1m.98 environ).

De tout ce qui précède, on peut conclure que la seconde machine présente une force d'adhérence plus considérable que la machine qui était privée de ressorts, et montée sur des roues d'un plus petit diamètre.

Les valeurs de l'adhérence, dans ces deux cas, doivent être à peu près dans le rapport de 20 à 25, lorsqu'il ne se produit pas de glissement.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que toutes les machines modernes étant montées sur de grandes roues et sur des ressorts, on doit prendre pour règle dans la pratique le résultat de l'expérience IV. D'après cette expérience, l'adhérence des roues sur les rails est égale à $^1/_{20}$ de la pression environ; et comme ces observations ont été faites dans les circonstances les plus défavorables, on peut considérer cette valeur comme un minimum.

Les machines, dont nous nous sommes occupés jusqu'ici, étaient, comme nous l'avons dit, semblables à celle de la pl. XII (*fig.* 1 et 2), c'est-à-dire que chaque cylindre faisait mouvoir une paire de roues, et que les deux paires étaient réunies par des tiges de communication. Les machines employées sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester présentent un genre de construction différent. Les deux cylindres agissent sur la même paire de roues, comme on le voit dans les *fig.* 3, 5 et 7, pl. XII, et *fig.* 1 et 2, pl. XIII; et il paraît que cette disposition produit dans la valeur de l'adhérence une différence dont il est peut-être nécessaire d'expliquer la cause.

Dans la machine représentée *fig.* 1 et 2, pl. XII, l'action des pistons sur les roues est très-irrégulière. En effet, lorsque le piston des premiers cylindres est au sommet de sa course, son action est nulle, et les roues d'avant sont mises en jeu par l'intermédiaire des tiges de communication. Après quelques instans, l'action des premiers pistons devient égale, puis supérieure à celle du second; et, à leur tour, les roues d'arrière sont mises en mouvement par le premier cylindre. Ainsi chaque paire de roues est alternativement poussée et tirée par les tiges de communication; or, celles-ci ne peuvent être assemblées avec une exactitude mathématique, et ces changemens successifs dans le sens de l'action produisent par intervalle des mouvemens de glissement. De plus, le poids des pistons et des bielles n'étant pas contre-balancé, il s'ensuit que la pression sur les rails est fort irrégulière, et que le glissement des roues tend à se produire plutôt pendant le mouvement descendant du piston que pendant la course ascendante. On observe constamment, en effet, que le glissement commence sur les roues correspondantes au piston qui descend, et se communique ensuite à l'autre paire de roues par l'intermédiaire de la tige horizontale. Enfin, il est difficile de se procurer un assortiment de roues dont le diamètre soit exactement le même, et la plus légère irrégularité dans leurs dimensions produit nécessairement un glissement partiel.

La machine de M. Stephenson (pl. XIII) ne présente aucun des inconvéniens que nous signalons. Dans cette machine, les deux pistons agissent sur la même paire de roues; et les cylindres sont placés trop près l'un de l'autre pour que les variations de la force motrice puissent produire un effet appréciable. De plus, la tige des pistons étant horizontale, et par conséquent parallèle à la ligne du chemin, la pression sur les rails est constamment la même. Enfin, comme les pistons ne mettent en mouvement qu'une seule paire de roues, on n'a pas à craindre les inconvéniens qu'offre l'inégalité des diamètres des quatre roues.

Avec tous ces avantages de construction, on trouve, comme on devait s'y attendre,

que les machines de M. Stephenson présentent, à charge égale, une adhérence plus grande que les machines ordinaires. Il est vrai que si l'on suppose le poids total de l'appareil uniformément réparti sur les quatre roues, cette adhérence ne sera due qu'à la moitié de la charge seulement. Mais les dimensions des deux roues, sur lesquelles agit la vapeur, viennent contre-balancer cette circonstance défavorable. Nous sommes convaincus, en effet, qu'en substituant, comme on le fait ici, des roues de 4pi. (1m. 22) de diamètre aux roues ordinaires de 3pi. (0m. 91), on augmente la valeur de l'adhérence, et qu'en même temps on diminue, à égalité de pression, les chances de détérioration des rails; non-seulement parce la surface de contact est plus étendue qu'avec des roues d'un moindre diamètre, mais encore parce que l'on est à même de disposer la charge d'une manière plus avantageuse. Aussi nous pensons qu'avec des machines ainsi construites, on peut reporter sur les deux grandes roues plus de la moitié du poids total de l'appareil, sans causer aux rails autant de dommage qu'en occasioneraient les machines anciennes, en supposant même la charge de ces dernières uniformément répartie sur les quatre roues.

On n'a entrepris encore aucune expérience suivie pour déterminer la valeur exacte de l'adhérence des machines locomotives mues par une seule paire de roues; et, dans le fait, les machines construites jusqu'ici offrent des dispositions trop variées, pour qu'il soit possible d'obtenir quelque donnée générale. Cependant les observations faites sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester suffisent pour prouver que, dans les machines de ce genre, le rapport de l'adhérence à la charge est, comme nous l'avons annoncé, beaucoup plus grand que dans les machines anciennes. Nous sommes portés à croire qu'il est plus grand au moins dans le rapport de 3 : 1, à en juger par la charge que ces machines traînent sur des rampes offrant $^1/_{96}$ de pente.

A défaut d'expériences précises, nous indiquons dans la table suivante, avec une exactitude suffisante pour la pratique, les poids qu'une machine peut traîner sur des plans de différentes inclinaisons, dans l'état le plus défavorable des rails. La colonne 1 indique l'inclinaison du plan. La colonne 2 fait connaître le poids qui peut être remorqué par une machine pesant 6 tonneaux (6ton. 093), en supposant que deux roues seulement soient mises en mouvement par les cylindres, et que ces deux roues portent les $^3/_5$ du poids total de l'appareil. Nous admettons que, dans ce cas, l'adhérence est égale à $^1/_{15}$ de la charge qui pèse sur les roues, c'est-à-dire à $^1/_{15}$ des $^3/_5$ ou à $^1/_{25}$ du poids total de la machine. La colonne 3 est calculée dans l'hypothèse où les quatre roues de la machine seraient mises en mouvement par les pistons, et où la valeur de l'adhérence serait $^1/_{20}$ du poids de la machine. Nous avons supposé, dans les deux cas, que le diamètre des roues était de 4pi. (1m. 22). Quant au frottement des chariots, nous l'avons pris égal à $^1/_{224}$ de leur poids.

TABLE I.

INCLINAISON du plan.	CHARGE que la machine peut remorquer dans le cas où 2 roues seulement sont mises en mouvement.	CHARGE que la machine peut remorquer dans le cas où les 4 roues sont mises en mouvement.
	ton.	ton.
0	54 64	68 25
1 : 4480	51 61	66 50
— 2240	49 90	61 26
— 1680	46 42	58 29
— 1120	44 15	55 47
— 1000	43 11	54 23
— 900	42 88	53 00
— 800	40 88	51 50
— 700	39 16	49 73
— 600	37 55	47 46
— 500	35 20	44 58
— 448	33 69	43 76
— 400	32 08	40 80
— 350	30 07	38 36
— 300	28 79	35 59
— 250	25 80	32 13
— 200	21 46	27 88
— 150	17 05	22 44
— 100	11 23	15 44

Les chiffres de la table précédente doivent nécessairement varier avec le poids de la machine : mais en tout cas, tant que la résistance due au poids ainsi qu'au frottement du convoi n'excédera pas un $^1/_{25}$ ou $^1/_{20}$ du poids total de l'appareil, l'adhérence des roues sur les rails suffira pour déterminer la locomotion en toute saison, sans que les roues éprouvent de glissement. On voit encore que, si l'inclinaison du plan était égale à $^1/_{25}$ ou à $^1/_{20}$, la machine dépenserait toute sa force d'adhérence pour transporter son propre poids, et que dès lors elle deviendrait incapable de traîner une charge quelconque.

Il est nécessaire d'observer que l'on est arrivé aux résultats précédens, en supposant les rails dans l'état le plus défavorable, c'est-à-dire en partie mouillés ou couverts de boue. Ces circonstances ne se présentent que rarement, et pendant un temps assez court, comme par exemple, au commencement ou à la fin d'une pluie, lors d'un dégel, pendant un brouillard, etc. ; dans toute autre circonstance, la force d'adhérence a une valeur au moins double de celle que nous lui avons assignée. Les machines pourraient donc souvent traîner des convois plus lourds que nous ne l'avons supposé ; mais nous croyons convenable de se renfermer en deçà de la limite extrême de la charge ; car tout glissement, même partiel, détériore considérablement les roues ainsi que les rails. Sur le chemin de fer de Killingworth, par exemple, on voit que les roues des machines légères sont plus usées dans le rapport de 3 à 2, que celles des machines dont le poids est plus considérable et les roues plus grandes.

Il existe, pour les machines locomotives, un certain rapport entre le poids de l'appareil et celui du convoi, qui donne le maximum d'effet utile ; mais il est impossible d'en déterminer la valeur si l'on n'est parvenu, à l'aide d'expériences suivies sur ce genre de moteur, à déterminer la loi générale de son action.

J'ai entrepris dans ce but une série d'expériences sur le chemin de fer de Killingworth. J'ai successivement employé différentes machines avec des charges égales, et la même machine avec des poids différens ; de cette sorte, j'ai pu déterminer avec exactitude la quantité de travail correspondant à des vitesses et des charges différentes. J'ai fait aussi quelques expériences,

en adaptant à la même machine des roues de différens diamètres, et j'ai déterminé ainsi non-seulement les effets utiles correspondans à chaque diamètre, mais encore la résistance due au mouvement de la machine elle-même.

Les résultats de ces observations sont indiqués dans la table suivante. Le plan avait 6780 pi. (2066m.60) de longueur, et une hauteur totale de 6pi. 5po. (1m.95). Son inclinaison n'était pas régulière, elle variait depuis 1/330 jusqu'à l'horizontalité. Les rails étaient saillans, et avaient 2po. 1/2 (0m.051) de largeur à leur sommet; les chariots, construits tous sur le même modèle, pesaient chacun 81quint. 1/4 (4125k.), et avaient des essieux de 2po. 3/4 (0m.069) de diamètre.

TABLE II.

No 1. Machine locomotive semblable à celle qui est représentée *fig.* 1 et 2, pl. XII. Longueur du bouilleur, 8pi. (2m.44), diamètre 3pi. 9po. (1m.14); diamètre du tube contenant le feu, 20po. (0m.51), cylindres de 9po. (0m.23) de diamètre chacun; pression de la vapeur 50liv. par pouce carré (3kil.51 par centim. carré, 3athm. 1/2).

NOMBRE DES VOYAGES.	EXPÉRIENCE I. Roue de 3 pi. (0m.914) de diamètre; 9 chariots pesant 731 quint. 1/4 (37134 kil.).				EXPÉRIENCE II. Roue de 4 pi. (1m.22) de diamètre; 9 chariots pesant 731 quint. 1/4 (37134kil.).				EXPÉRIENCE III. Roue de 4 pi. (1m.22) de diamètre; 12 chariots pesant 975quint. (49512kil.).			
	REMONTE.		DESCENTE.		REMONTE.		DESCENTE.		REMONTE.		DESCENTE.	
	Temps en minutes.	Coups de pistons par minute.	Temps en minutes	Coups de pistons par minute.	Temps en minutes.	Coups de pistons par minute.	Temps en minutes.	Coups de pistons par minute.	Temps en minutes.	Coups de pistons par minute.	Temps en minutes.	Coups de pistons par minute.
1	23	31	18	40	19	28	16	34	16	34	16	34
2	22	33	18	40	16	34	16	34	20	27	16	34
3	22	33	19	38	16	34	17	32	18	30	14	38
4	22	33	16	45	16	34	15	35	17	30	16	34
5	27	27	18	40	16	34	14	38	16	34	14	38
6	22	33	16	45	16	34	14	38	16	34	14	38
7	26	28	20	36	17	32	24	38	17	32	15	35
8	25	28	19	38	14	38	12	45	18	30	15	35
9	22	33	19	38	14	38	13	41	17	32	13	41
10	25	28	19	38	16	34	13	41	»	»	»	»
11	19	38	20	36	17	32	16	34	»	»	»	»
12	21	34	20	36	17	32	15	35	»	»	»	»
13	21	34	18	40	16	34	14	38	»	»	»	»
14	20	36	18	40	16	34	13	41	»	»	»	»
15	»	»	»	»	16	34	11	49	»	»	»	»
16	»	»	»	»	13	41	12	45	»	»	»	»
17	»	»	»	»	15	35	14	38	»	»	»	»
18	»	»	»	»	16	34	13	41	»	»	»	»
19	»	»	»	»	16	34	13	41	»	»	»	»
	137	32 (moy.)	258	39 (moy.)	102	34 (moy.)	265	39 (moy.)	155	32 (moy.)	133	36 (moy.)
	Distance parcourue, 36mil. (57kilom.935) en 9h. 35′; charbon consumé, 2534liv. (1148kil.94; eau, 890gal.; ou 93gal. (422lit.55) par heure.				Distance parcourue, 48mil.8 (78kilom.534) en 9 h. 27′; charbon consumé, 2534liv. (1148kil.94); eau, 854gal.; ou 90gal. 4 par heure (410lit.74).				Distance parcourue, 23mil. (37kilom.014) en 4 h. 48′; charbon consumé, 1546liv. (700kil.97); eau, 452gal.; ou 94gal. par heure (42709lit.).			

TABLE III.

No 2. Machine locomotive semblable à la précédente, excepté pour lee dimensions du bouilleur et du foyer. Longueur du bouilleur, 9 pi. 2po. (0m.,79); diamètre, 4pi. (1m.22), diamètre du foyer, 22po. (0m.55); cylindres de 9po. (0m.23) de diamètre chacun; pression de la vapeur, 50liv. par pouce carré (3kil.51 par centim. carré, 3athm. 1/2).

NOMBRE DE VOYAGES.	EXPÉRIENCE IV. Roue de 3pi. (0m.914) de diamètre; 9 chariots pesant 731quint. 1/4 (37,134kil.) — REMONTE. TEMPS en minutes.	COUPS de pistons par minute.	DESCENTE. TEMPS en minutes.	COUPS de pistons par minute.	EXPÉRIENCE V. Roues de 4pi. (1m.22) de diamètre; 12 chariots pesant 975quint. (49,512kil.). — REMONTE. TEMPS en minutes et secondes.	COUPS de pistons par minutes.	DESCENTE. TEMPS en minutes et secondes.	COUPS de pistons par minute.
1	17′	42	16′	45	11′ 40″	34	9′ 4″	44
2	20	36	18	40	9 20	43	8 5	49
3	21	34	18	40	8 22	47	7 40	51
4	21	34	18	40	8 16	48	7 42	50
5	23	32	18	40	8 10	49	7 35	»
6	23	32	18	40	»	»	»	»
7	21	34	18	40	»	»	»	»
8	21	34	18	40	»	»	»	»
9	23	32	19	38	»	»	»	»
10	22	33	19	38	»	»	»	»
	212	34 (moy.)	180	40 (moy.)	45′ 48″	43 (moy.)	40′26″	49 (moy.)

Expérience IV. — Distance parcourue, 26mil. (41k,842) en 6 h. 32′; charbon consumé, 1487liv. (674kil.21); eau, 490gal.; ou 75gal. par h. (340lit.75).

Expérience V. — Longueur de chaque voyage, 6006pi. (1830m.58). Distance correspondante aux temps indiqués dans la table, 4989pieds (1520m.60); espace total parcouru, 9mil.45 (15kilom.206); temps, 1 h. 26′ 14″; charbon consumé, 587liv. (266kil.14); eau, 200gal.; ou 135gal. par heure (613lit.35).

Le chemin de fer sur lequel ont été faites les expériences précédentes n'était pas de construction très-récente, en sorte que sur plusieurs points les rails opposaient au mouvement des roues des obstacles difficiles à vaincre. Du reste, les observations ont été suivies avec le soin le plus minutieux. Dans les premières expériences on a compté le temps à partir du moment du départ, en sorte que les résultats des observations comprennent le temps et la force employés pour mettre le convoi en mouvement. On n'a nullement cherché à imprimer à la machine toute la vitesse dont elle était susceptible. Le but des expériences étant de déterminer les quantités de travail effectués avec des roues et des charges différentes, on s'efforçait seulement de rendre la vitesse aussi égale que possible, et d'obtenir dans chaque expérience le même nombre de coups de piston par minute. Pour arriver à ce résultat, il était souvent nécessaire de régler et de modérer la vitesse de la machine.

Dans la cinquième expérience on a attendu, avant de mesurer le temps, que la machine et le convoi eussent acquis une vitesse régulière. Cette circonstance explique la différence que l'on observe entre les deux distances indiquées au bas de la table; la première comprend l'espace total parcouru depuis l'origine du mouvement jusqu'à la fin de la station; la seconde, l'espace parcouru par la machine, depuis l'instant où son mouvement est devenu uni-

forme, jusqu'à l'instant où l'on a commencé à le ralentir, afin d'arrêter le convoi à l'extrémité du relais. Le temps marqué dans la table correspond à l'espace parcouru par la machine avec une vitesse uniforme, et peut ainsi servir à mesurer cette vitesse.

Les expériences I et II ont eu pour but de déterminer le travail effectué avec des roues de différens diamètres. La machine était la même dans les deux cas; on s'était contenté de substituer dans la seconde expérience des roues de 4pi. (1m. 22) à celles de 3pi. (0m.91), et l'on avait eu soin d'ailleurs, afin d'obtenir des résultats comparables, que toutes les autres circonstances fussent exactement semblables.

Or, on voit que, pour la même charge et la même consommation de charbon, la machine a parcouru une espace de 36mil. (57 k.930) avec des roues de 3pi. de diamètre, et de 48mil.8 (78kil.534) avec des roues de 4pi. On peut conclure de là que la distance parcourue par la même machine, avec des roues de diamètres différens, est proportionnelle à ces diamètres, en supposant la charge et la consommation de charbon égales de part et d'autre. Il en résulte également que, pour une même charge et un même espace parcouru, la consommation de combustible est en raison inverse des diamètres des roues.

Cette conclusion paraîtra peut-être paradoxale; car si l'accroissement du diamètre des roues rendait la machine capable de parcourir avec la même dépense de force une distance plus considérable, il s'ensuivrait, ce semble, qu'en augmentant indéfinement ce diamètre, on pourrait réduire indéfinement aussi la force du moteur. Cependant un examen plus attentif prouve que le résultat que nous annonçons est très-rationnel et pouvait être prévu à l'avance.

En effet, à chaque tour de roues, toutes les parties de la machine décrivent une oscillation complète, et si l'on fait abstraction de la résistance des jantes sur la surface des rails, il est clair que la force dépensée pour produire ce mouvement reste constamment la même, quel que soit d'ailleurs le diamètre des roues. Si donc l'on remplace des roues de 3pi. de diamètre par des roues de 4pi., et que l'on n'apporte d'ailleurs aucune modification au reste de l'appareil, on augmentera dans le rapport de 3 à 4 l'espace parcouru par la machine sans augmenter la valeur de son frottement (en supposant toujours que l'on néglige le frottement des roues sur les rails). On peut conclure de là que, pour un même espace parcouru, la résistance de la machine est en raison inverse des diamètres des roues.

Toutefois, il ne faudrait pas pousser trop loin les conséquences de cette observation. On a bien pu en effet remplacer des roues de 3pi. de diamètre par des roues de 4pi., sans apporter aucune modification aux essieux, non plus qu'aux autres parties frottantes; mais si l'on dépassait cette limite, il est clair que les essieux, et toutes les autres parties du mécanisme se trouveraient soumises à une plus grande fatigue. Il serait nécessaire alors d'augmenter également leurs dimensions et l'on détruirait par cela même l'effet que devrait produire l'augmentation du diamètre des roues. Quoi qu'il en soit, les expériences précédentes prouvent que, si l'on veut obtenir un accroissement de vitesse, on doit en général, pour parvenir à ce but, augmenter le diamètre des roues.

Nous allons chercher actuellement à déterminer la valeur absolue de la résistance due aux frottemens de la machine. Nous avons fait une expérience dans ce but, sur la portion de chemin de fer qui avait déjà servi pour l'expérience II, chap. VI. Cette portion de route présente une hauteur de 11pi.2p. (3m.40) sur 1164pi. (354m.77) de développement. Cinq chariots chargés, pesant chacun 9408liv. (4265k.72), sont descendus librement le long de la pente dans l'espace de 120″; puis ils ont été ramenés au sommet du plan et attachés à une machine locomotive. Cette dernière était disposée de telle sorte, que la vapeur ne pût agir sur les pistons; pour cela on avait interrompu la communication entre la chaudière et les cylindres, et les parties supérieure et inférieure du corps de pompe étaient mises alternativement en communication avec l'air extérieur. Le seul obstacle au mouvement de la machine était dû au frottement des diverses parties de l'appareil.

Les chariots et la machine, ainsi réunis, ont descendu le plan dans l'espace de 150″; en sorte que la résistance de la machine a occasioné un retard de 30″.

Le poids de la machine et du chariot d'approvisionnement était de 9ton. ou 20160liv. à quoi il faut ajouter 1800liv., pour le mouvement de rotation des roues. Le poids des

chariots était de 9408 liv., et la résistance due au mouvement de rotation des roues de 747 liv.; d'où il suit que la masse totale en mouvement s'élevait à 20160 + 1800 + 10155 × 5 = 72,735 liv. Or, la formule (8), page 311, donne, pour la valeur du frottement,

$$F=(P+p)\sin.i\frac{\left(P+p\frac{\delta}{\rho}\right)}{r\,t^2}=410^{liv.}70\ (186^{k.}21)$$

D'après l'expérience II, chap. VI, le frottement des chariots est de 39 liv.35 × 5 = 196 liv.75 (289 k.20); en sorte que celui de la machine s'élèverait à 410 — 196 = 214 liv. (97 k.03). En admettant d'ailleurs que la résistance due à l'action des roues sur les rails et au frottement sur les essieux, soit égale à $^1/_{200}$ de la charge, c'est-à-dire à 100 liv. (45 k.34) environ, il resterait 114 liv. (51.69) pour le frottement des pistons, des tiges de communication, et de toutes les autres pièces frottantes.

Nous remarquerons toutefois que la force dépensée par la machine pour transporter son propre poids est nécessairement plus grande lorsqu'elle traîne un convoi que lorsqu'elle marche à vide. En effet, la résistance du convoi est transmise, par l'intermédiaire des diverses parties de l'appareil, au moteur, c'est-à-dire aux pistons, et ensuite aux roues qui reposent sur les rails. Il résulte nécessairement delà une pression sur les diverses parties du mécanisme, et par suite un frottement qui s'ajoute à la résistance de la machine. Ce frottement étant d'ailleurs proportionnel à la pression, sa valeur est d'autant plus grande, que le convoi est plus lourd.

Au reste, les observations que nous avons exposées précédemment sur l'influence du diamètre des roues, nous permettent de déterminer la valeur absolue de la résistance de la machine. En effet, dans l'expérience I, table II, la machine a consommé 2534 liv. de combustible pour transporter à une distance de 36 milles une charge de 731 quint. $^1/_4$, non compris son propre poids. Dans l'expérience III, avec des roues de 4 pieds de diamètre, elle a transporté à 23 milles un poids de 975 quint. en dépensant 1546 liv. de combustible; d'où l'on peut conclure qu'avec une dépense de 2534 liv. elle eût parcouru une distance de 37 milles 70 : or, la résistance des chariots est de 360 liv. pour un poids de 731 quint. $^1/_4$ et de 480 liv. pour un poids de 975 quint. (en supposant la résistance de chaque chariot égale à 40 liv.). On voit donc que, pour la même consommation de combustible, les effets produits avec des roues de 3 pi. et de 4 pi. de diamètre, sont dans le rapport de 480 × 37.70 à 360 × 36, ou de 480 × $^{37.70}/_{36}$ = 502 à 360. Cette augmentation dans l'effet produit est nécessairement due à une diminution dans la résistance de la machine; or, si l'on suppose qu'en portant le diamètre des roues de 3 pi. à 4 pi., on diminue cette résistance dans le rapport de 4 à 3, on devra en conclure que sa valeur absolue est égale avec des roues de 3 pi., de diamètre à (502 — 360) × 4 = 142 × 4 = 568 liv. (257 k.54), et avec des roues de 4 pi., à 142 × 3 = 426 liv. (193 k.15).

On admet quelquefois, en évaluant la puissance des machines, que, lorsque la tension de la vapeur dans la chaudière s'élève à 50 liv. par pouce carré (3 athmos. $^1/_2$), cette tension conserve sensiblement la même valeur dans le corps de pompe, et que l'on peut prendre pour mesure du frottement, ou autrement dit de la force perdue, la différence entre cette pression et le travail effectif de la machine. Cependant il est une considération à laquelle il est nécessaire d'avoir égard.

Tous les fluides élastiques, lorsqu'ils ont acquis un haut degré de pression, tendent à reprendre la densité du milieu environnant, et la vitesse avec laquelle ils s'écoulent dans un milieu d'une densité moindre est en raison de la différence de densité des deux fluides. Or, dans une machine locomotive, ou en général dans toute machine à haute pression, lorsque l'on ouvre la soupape qui établit la communication entre la chaudière et le cylindre, les circonstances sont les mêmes que si la vapeur était en communication avec un milieu dont la densité aurait pour mesure la charge qui s'exerce sur le piston. La vitesse d'écoulement de la vapeur, et par suite sa pression sur la surface du piston, dépend donc de la valeur de cette résistance. Si l'appareil est tellement combiné que la vitesse du piston soit à peu près la même que celle avec laquelle la vapeur tend à s'écouler dans le vide, c'est-à-dire si la résistance est presque nulle, la pression sur la surface du piston sera très-faible. Sa valeur augmente à mesure que la vitesse du piston se ralentit, et enfin elle deviendrait égale à la pression

même de la vapeur dans la chaudière, si cette vitesse était nulle. Dans tous les cas, l'élasticité de la vapeur dans la chaudière et son élasticité dans le corps de pompe ont des valeurs différentes, et sont mesurées, l'une par la pression exercée sur la soupape de sûreté, l'autre par la résistance qui s'oppose au mouvement du piston. En tenant compte de cette circonstance, on trouve qu'il ne résulte aucune perte de force du mode particulier d'action des machines locomotives, et que leur effet utile est le même que celui des machines ordinaires à haute pression; on doit seulement tenir compte de la force dépensée par la machine pour transporter son propre poids.

Nous avons supposé, dans tout ce qui précède, que la quantité de vapeur produite par le bouilleur était suffisante pour maintenir constamment la même pression dans la chaudière, quelle que fût d'ailleurs la vitesse d'écoulement de la vapeur dans le cylindre. S'il en était autrement, c'est-à-dire si la quantité de vapeur formée dans la chaudière n'était pas constamment égale à celle qui s'échappe par la soupape du régulateur, son élasticité et sa vitesse d'écoulement diminueraient nécessairement; par suite aussi, la vitesse du piston se ralentirait, jusqu'à ce que l'équilibre s'établît entre les quantités de vapeur produites et dépensées. Ces deux cas se présentent dans les expériences suivantes.

Expérience VII. Une machine locomotive semblable à celle qui est représentée, fig. 1 et 2, pl. XII, munie de deux cylindres de 9po. (0m.23) de diamètre chacun, a parcouru en 430″ un espace de 1164pi. (354m.77) sur une rampe de 0m.0095 par mètre, en traînant à sa suite 12 chariots pesant chacun 9408liv. (4265k.72); le bouilleur avait 9pi. (2m.74) de long sur 4pi.8po. (1m.42) de diamètre; la pression de la vapeur dans la chaudière était de 50liv. par pouce carré (3athmosph. 1/2). La longueur de la course du piston étant d'ailleurs de 2pi. (0m.68), et le diamètre des grandes roues de 37po. (0.94), on voit que le piston a décrit 480pi. pendant la durée totale du voyage, c'est-à-dire que sa vitesse a été de 80pi. (24m.98) par minute.

D'après cela la machine a dû dépenser 123, 112po.c. (1m.c.995) de vapeur par minute. Or, en supposant la chaudière capable de vaporiser 94gall. (427lit.) d'eau par heure, ainsi qu'il résulte des expériences de la table II, on voit qu'elle pouvait fournir à chaque minute un volume de 171,363po.c. (2m.76) de vapeur sous la pression de 50liv. par pouce carré (3athm. 1/2). La vapeur arrivait donc toujours avec abondance, et comme d'ailleurs la vitesse du piston était peu considérable, la pression devait être sensiblement la même dans la chaudière et dans les cylindres.

Expérience VIII. Dans une nouvelle expérience, cette machine a remonté la même rampe dans l'espace de 175″, en traînant cinq chariots chargés. La vitesse des pistons étant ici de 165pi. (50m.28) par minute, la dépense de vapeur devait s'élever dans le même temps à 251,831po.c. (4m.c.10).

Or, la quantité d'eau vaporisée était, comme précédemment, de 94gal. (427lit.) environ par heure, lesquels ne produisent, par minute, que 171,363po.c. de vapeur sous la pression de 50liv. par pouce carré. Ce volume étant insuffisant pour la consommation de la machine, la pression de la vapeur, qui, au commencement de l'expérience, était de 50liv. par pouce carré, a dû nécessairement diminuer graduellement jusqu'à ce qu'il se soit établi un état d'équilibre entre la quantité de vapeur produite et dépensée. La vitesse du piston, qui d'abord avait une valeur considérable, est devenue uniforme, et la pression a conservé une valeur constante de 30liv. environ par pouce carré (2k.10 par centim. carré).

En résumé, la vitesse des machines locomotives est réglée par la quantité de vapeur qui peut être produite dans un temps donné et sous une pression déterminée. Il serait donc tout-à-fait inutile, pour donner à la machine une plus grande puissance, d'augmenter les dimensions du cylindre, si l'on ne pouvait augmenter en même temps la puissance de vaporisation de la chaudière.

Nous allons chercher maintenant à l'aide des expériences précédentes, à déterminer le travail effectif qu'une machine locomotive peut produire sur un chemin de fer, ainsi que la quantité de combustible dépensée pour accomplir ce travail.

On voit, d'après les expériences I et II (table II), qu'une machine peut traîner 36tonn. avec une vitesse de 5mil. (8046m.) à l'heure; et 48tonn. avec une vitesse de 4mil. 3/4 (7664m). La machine qui a fourni ces résultats avait un foyer de 6pi.c. 2/3 (0m.c.6284) d'étendue; la surface exposée à l'action directe de la chaleur était de

10pi.c. 1/2 (0m.c.97), et la partie exposée à la flamme à l'air chaud était de 21pi.c. (1m.c.95).

Dans l'expérience V (table III), la surface du foyer était de 7pi.c. (0m.c.65); la surface exposée à la chaleur de 11pi.c. 1/2 (1m.c.0682), et celle qui recevait l'action de la flamme avant son passage dans la cheminée était de 29pi.c. 3/4 (3m.c.76.) La surface totale était donc d'un tiers environ plus grande que dans le cas précédent, et nous voyons aussi que l'effet produit s'est trouvé considérablement augmenté; car cette dernière machine a transporté 48ton. 3/4 (49ton.50) avec une vitesse de 6mil.6 (1060) par heure. Si l'on remarque maintenant que la résistance augmente dans le rapport de 4 : 3 environ, lorsque le temps est défavorable, on conclura de ce qui précède, que l'on peut prendre pour mesure du travail de cette machine, un poids de 40ton. (40ton.62) transporté à une distance de 6mil. (9655m.) en une heure.

Tel était à peu près en 1825, époque à laquelle se rapportent les observations précédentes, le maximum d'effet utile des machines locomotives à quatre roues. Dans quelques circonstances on s'était servi de machines plus lourdes, et présentant une surface plus étendue à l'action de la chaleur. Dans la machine de Wylam, le tube qui contenait le foyer, au lieu de traverser directement le bouilleur, revenait sur lui-même, et se terminait du même côté que le foyer même. Au moyen de cette disposition, on augmentait, il est vrai, la surface de vaporisation, mais on diminuait l'étendue du foyer, puisque l'extrémité du tube occupait une partie de l'espace qui aurait dû lui être réservé. Aussi, bien que l'on obtînt de cette manière quelque écononomie dans la consommation de houille, le travail effectif de la machine restait à peu près le même. En définitive, le plus grand travail des machines employées à cette époque consistait, comme nous l'avons dit dans le transport, d'un poids de 40ton. (40ton.62) à une distance de 6mil. (9655m.) en une heure; ce qui représente environ le travail de sept chevaux, non compris la force nécessaire pour le transport de la machine elle-même La consommation de houille était d'ailleurs considérable relativement à l'effet produit.

Les observations que nous venons de citer peuvent nous servir aussi à déterminer la consommation de combustibles dans les machines locomotives. Les expériences des tables II et III ont été faites avec deux machines que nous avons désignées par les numéros 1 et 2. Ces machines sont de construction semblable, et ne diffèrent que par les dimensions du foyer. Le bouilleur, comme on le voit dans la pl. XII, fig. 1 et 2, n'est pas exposé directement à l'action du feu; il est seulement traversé par un cylindre au milieu duquel est placée la grille qui porte le combustible; ce sont les parois de ce foyer qui communiquent la chaleur à l'eau contenue dans le bouilleur. La surface de liquide exposée à l'action du feu se trouve ainsi égale à la moitié de la surface du cylindre. Dans la machine no. 1, le foyer a 20po. (0m51) de diamètre, et dans le no. 2, 22po. (0m.55); les dimensions de la cheminée présentent une différence analogue. Du reste, les deux machines sont, comme nous l'avons dit, exactement semblables.

Cela posé, si l'on compare les expériences I et IV, dans lesquelles la charge est la même, on voit que la quantité de charbon consommé par la première machine pour un espace de 63280 yards, est de 2534liv. La seconde machine a consommé 1487liv., pour parcourir sur la même route un espace de 45200 yards, et par conséquent pour une distance de 63280 yards, elle eût dépensé 1487liv. $\times$ 63280/45200 ou 2101liv. Ainsi, pour une même distance parcourue, les quantités de combustible dépensées dans les deux cas sont comme 2534 et 2101. Il est à peine nécessaire de remarquer que cette différence dans la consommation du combustible dépend en grande partie de l'étendue de la surface exposée à l'action du feu et de l'air chaud. En effet, dans les tubes étroits, l'intensité de chaleur nécessaire pour produire constamment une quantité convenable de vapeur déterminant une combustion plus rapide, le charbon sort imparfaitement consumé et à une température fort élevée. Dans des tubes plus larges, l'intensité de la chaleur est moindre, et le charbon éprouve une combustion plus parfaite; en même temps, le foyer présentant une surface plus étendue, l'eau du bouilleur absorbe une plus grande quantité de calorique.

En rapprochant les expériences II et III, faites avec la même machine, et dans des circonstances exactement semblables, on voit qu'avec neuf chariots pesant 731quint. 1/4,

et sur une distance de 83880 yards, la machine a dépensé 2534liv. de charbon, et qu'avec douze chariots pesant 975quint., elle a dépensé 1546liv. pour une distance 40680 yards. La quantité de combustible consommée dans ce dernier cas, pour une longueur de 85880 yards, aurait donc été de 3263liv. Ainsi les quantités de combustible dépensées avec neuf chariots d'une part, et douze chariots de l'autre, sont dans le rapport de 2534 : 3263. Nous avons vu précédemment que le frottement de la machine était de 426liv., et celui de chaque chariot de 39liv.85; la résistance est donc égale, dans le premier cas, à $426 + 39,33 \times 9 = 780$liv., et dans le second cas, à $426 + 39,35 \times 12 = 898$liv.. Or 2534 : 2263 : : 780 : 1000liv. environ; en sorte qu'ici la consommation de charbon est plus que proportionnelle à la résistance. Nous avons déjà annoncé que l'accroissement de poids du convoi produisait dans toutes les parties de la machine un excès de frottement; cette circonstance doit sans doute influer sur le résultat que nous indiquons. Cependant c'est en général l'état favorable des rails qui contribue le plus à augmenter la consommation de la houille.

Enfin si nous comparons ensemble les expériences IV et V, nous remarquerons que, dans la première, la distance totale parcourue par la machine est de 45200 yards, et la quantité de charbon consumée de 1487liv. Mais les roues avaient 3pi. de diamètre, et comme la dépense de combustible pour une même distance parcourue est en raison inverse des diamètres des roues, il s'ensuit qu'avec des roues de 4pi. la consommation n'eût été que de 1115liv. D'un autre côté, la machine a dépensé, dans l'expérience V, 587liv. de combustible pour une distance de 20020 yards; elle eût donc consommé 1325liv. pour parcourir 45200 yards comme dans le premier cas. Il suit de là que les quantités de charbon dépensées pour remorquer neuf chariots d'une part, et douze chariots de l'autre, sont entre elles comme 1115 : 1325, les résistances correspondantes étant d'ailleurs dans le rapport de 780 à 898. Or, 1115 : 1325 : : 780 : 926; en sorte qu'ici la dépense de charbon est sensiblement proportionnelle à la résistance. La différence que l'on observe entre les deux chiffres est inférieure à la limite des erreurs qui peuvent être dues aux différens états de la route. D'après ce résultat, on peut admettre dans la pratique que la dépense de combustible nécessaire pour remorquer avec une même vitesse des charges différentes, est proportionnelle à la résistance due au frottement du convoi et de la machine.

Quant à la dépense absolue de combustible, elle varie beaucoup suivant la disposition de la chaudière. Watt, qui a recherché avec l'attention la plus soutenue les moyens de diminuer la consommation de combustible, estime que, dans les fourneaux les mieux combinés, il faut une surface de 8pi. car. (0m.c.74) pour vaporiser en une heure 1pi.cub. (0m.c.028) d'eau; et que, dans ce cas, 8liv.4 (3k.81) de houille suffisent pour réduire en vapeur 1pi.cub. (0m.c.028) d'eau; c'est-à-dire que pour vaporiser en une heure 1m.c. d'eau, il faut environ 26m.car. de surface de chaudière, et 135k.90 de houille.

Les expériences précédemment décrites donnent sur ce point les résultats suivans :

TABLE IV.

NUMÉROS des expériences.	VOLUME d'eau vaporisé en une heure.	SURFACE exposée à la chaleur.	QUANTITÉ de houille consommée pour vaporiser 1 mètre cube d'eau.	CONSOMMATION de houille par tonneau et par kilomètre.
	m.cub.	m.car.	kil.	kil.
1	0. 420	2. 92	294. 47	0. 80
2	0. 409	2. 92	299. 93	0. 59
3	0. 425	2. 92	345. 76	0. 57
4	0. 340	3. 82	306. 77	0. 65
5	0. 450	3. 82	296. 73	0. 48
Watt.	0. 500	13. 00	67. 95	»

Les trois premières expériences donnent moyennement 7m.c. et les deux dernières 9m.c.66 de surface de chaudière pour 1m.c. d'eau vaporisée; tandis que, d'après Watt, cette surface doit être de 26m.c.. Aussi voit-on que la consommation de combustible est moyennement de 308k.73 pour 1m.cub. d'eau, tandis que Watt ne la porte qu'à 135k.90.

Dans ces expériences, la consommation de houille varie de 2liv.9 à 1liv.60 par tonneau et par mille (0k.80 à 0k.44 par kilomètre et par tonneau), non compris le poids de la machine. On a trouvé sur le chemin de fer de Killingworth, après plusieurs années d'expérience, que cette consommation était de 2liv.12 par tonneau et par mille (0k.85 par tonneau et par kilomètre). M. Story annonce que sur le chemin de fer de Darlington elle s'élève à 2liv.16 (0k.59 par tonneau et par kilomètre). MM. Locke et Stephenson (ouvrage sur les avantages relatifs des machines fixes et locomotives, page 18), décrivent une expérience faite sur le chemin de fer de Bolton et Leigh. Dans l'espace de douze heures, une machine locomotive a traîné 158 chariots chargés de marne et de sable, et pesant chacun 4tonn., non compris le poids même des chariots, à une distance de 1mil.,4. La consommation de houille a été de 15quint. (761k.73), et la dépense d'eau de 1quint. (50k.78), ce qui équivaut à 2liv.03 de houille par tonneau et par mille (0k56 par tonneau et kilomètre). Les trois dernières expériences, citées dans la table précédente, donnent moyennement 2liv.10 par tonneau et par mille (0k.55 par tonne et par kilomètre). Mais dans ces expériences, la machine, après avoir traîné les chariots chargés, ramenait les chariots vides en dépensant inutilement une partie de son combustible. On peut admettre que sur un chemin horizontal, et avec une charge constante, la consommation se trouverait diminuée d'un quart environ, en sorte qu'elle ne s'élèverait qu'à 1liv.60 par tonneau et par mille (0k.44 par tonneau et par kilomètre).

Dans la première édition de cet ouvrage, nous annoncions que le transport de 48ton.75 (49ton.40), y compris le poids des chariots, ou de 31ton.8 (32. 28) de marchandises à la distance de 1mil. (1609m.), exigeait une consommation de 51liv.55 (23k.37) de charbon; ce qui équivaut à 1liv.62 par tonneau et par mille (0k.45 par tonneau et kilomètre). Nous avons vu d'ailleurs que la consommation de houille était proportionnelle à la résistance de la machine et du convoi. Or, dans le cas que nous citons, cette résistance était de 898liv.; à savoir, 426liv. pour la machine et 472liv. pour le convoi. Si donc l'on appelle généralement F la résistance de la machine et F′ celle d'un convoi quelconque, la quantité de combustible nécessaire pour traîner ce convoi sur un chemin de fer horizontal et à la distance d'un mille sera représentée par $\frac{51{,}55 \times (F + F')}{898}$. Si le mouvement commercial n'a lieu que dans une seule direction, et que la machine ramène les chariots vides, la consommation de houille sera égale à $\frac{66.78 \times (F + F')}{898}$ pour une vitesse moyenne de 5mil. (8046m.) par heure. Peut-être conviendrait-il, dans la pratique, d'adopter cette dernière expression, à cause des pertes de vapeur qui peuvent se présenter acciden-

tellement. Cette formule s'applique aux machines locomotives à simple bouilleur, de la construction la plus parfaite. Une expérience faite sur une machine dont le bouilleur était composé d'un double tube a donné pour résultat une consommation de $1^{liv.}60$ par tonneau et par mille ($0^{k.}44$ par tonneau et kilomètre).

Nous avons déjà dit qu'en 1825 on pouvait prendre, pour mesure du travail des machines locomotives, un poids de 40 tonnes ($40^{ton.}62$) transporté à la distance de $6^{mil.}$ (9655m.) en une heure. A cette époque, la disposition de ces machines ne permettait pas d'obtenir de grandes vitesses. On ne pouvait leur donner une puissance suffisante qu'en augmentant soit l'étendue de la surface du bouilleur, soit l'intensité du feu. Or, tout accroissement dans les dimensions du bouilleur devait accroître aussi le poids de la machine; et d'un autre côté, si l'on augmentait l'intensité du feu, la dépense de combustible, déjà trop considérable, devenait énorme. Aussi tant que les bouilleurs furent composés d'un cylindre unique ou même double, le perfectionnement des machines locomotives ne fit que peu de progrès. Sur le chemin de fer de Darlington on essaya, il est vrai, l'emploi d'une machine dont le bouilleur présentait une surface beaucoup plus étendue; mais il résulta de cette disposition une telle augmentation de poids, qu'il fut nécessaire de placer la machine sur six roues.

Au printemps de l'année 1829, le chemin de fer de Liverpool à Manchester étant près d'être terminé, les directeurs songèrent à fixer le genre de moteur qui devait être employé sur cette ligne. Déjà, en 1828, ils avaient chargé une commission d'examiner les chemins de fer des comtés de Northumberland et de Durham, où l'on emploie des systèmes très-variés. La commission, après avoir visité les chemins les plus perfectionnés de ce district, revint sans pouvoir décider quel était le genre de moteur le plus avantageux pour la compagnie. La seule conclusion à laquelle elle soit arrivée, suivant M. Booth, c'est que l'étendue du mouvement commercial entre Manchester et Liverpool rendait l'emploi des chevaux complètement impraticable. Il ne restait donc plus à choisir qu'entre les machines fixes et les machines locomotives. Les directeurs, pour juger quel était celui de ces deux systèmes qui méritait la préférence, chargèrent deux ingénieurs de visiter les chemins à rails de Darlington et de Newcastle, et d'examiner avec attention les résultats fournis par ces deux genres de moteurs. Ils s'adressèrent dans ce but à MM. Walker de Limehouse et Rastrick de Stourbridge. Ces ingénieurs firent une tournée sur tous les chemins de fer du Nord, et présentèrent aux directeurs les résultats de leurs observations. Leurs rapports, bien que publiés séparément, renferment les mêmes conclusions. A cette époque, c'est-à-dire au mois de mars 1829, les diverses machines locomotives employées sur les chemins de fer que visitèrent MM. Walker et Rastrick, effectuaient les quantités de travail indiquées dans la table suivante. Cette table, présentée par M. Rastrick, fait connaître en même temps la quantité de travail que peut fournir la machine de dix chevaux proposée par cet ingénieur, de concert avec M. Walker. Le rapport entre le poids des chariots et celui des marchandises est le même que celui dont MM. Walker et Rastrick ont demandé l'adoption pour le chemin de fer de Liverpool à Manchester.

TABLE V.

MACHINES LOCOMOTIVES	Travail effectué pendant l'été. — Vitesse de 5mil. (8046m.) par heure. — Marchandises.	Chariots.	Machine et approvisionn.	Poids total.	8mil. (12874m.) par heure. — Marchandises.	Chariots.	Machine et approvisionn.	Poids total.	10mil. (16093m.) par heure. — Marchandises.	Chariots.	Machine et approvisionn.	Poids total.
	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.
Machine de Timothy Hackworth, montée sur six roues de 4pi. (1m.22) ; chemin de Stockton et Darlington.....	48,5	24,1	15,2	87,8	26,4	18,3	15,2	59,9	19,0	9,6	15,2	43,8
Machine de James Stephenson. — Quatre roues de 4pi. (1m.22).—Même chemin...	35,2	17,5	12,2	64,9	18,9	9,3	12,2	40,4	13,5	6,7	12,2	32,4
Machine de Nich. Wood. — Quatre roues de 4pi. 2po. (1m.27).—Houillères de Killingworth.................	38,5	19,3	10,6	68,4	21,3	10,6	10,6	42,5	15,7	7,8	10,6	34,1
Machine de Thos. Wood. — Quatre roues de 3pi. (0m.91). — Houillères de Hetton....	24,5	12,2	10,6	47,3	12,7	6,3	10,6	29,6	8,8	4,4	10,6	23,8
Machine à quatre roues de Blenkinsop.—Chemin de fer à crémaillère des houillères de Middleton............	22,5	11,2	6,3	40,0	12,5	6,3	6,3	25,1	9,1	4,6	6.3	20,0
Machine de dix chevaux, proposée par Walker et Rastrick..................	33,5	16,8	10,6	60,9	18,3	9,1	10.6	38,0	13,2	6,6	10,6	30,4
	Travail effectué pendant l'hiver.											
Machine de Timothy Hackworth..............	41,4	20,5	15,2	77,1	22,1	10,9	15,2	48,2	15,4	7,8	15,2	38,4
Machine de James Stephenson.	29,1	14,7	12,2	59,0	15,2	7,6	12,2	35,0	10,5	5,2	12,2	27,9
Machine de Nich. Wood.....	31,7	16,0	10,6	58,3	17,3	8,6	10,6	36,5	12,2	6,3	10,6	29,1
Machine de Thos. Wood.....	20	9,9	10,7	40,6	9,9	4,8	10,7	25,4	6,3	3,3	10,7	20,3
Machine de Blenkinsop.......	19,5	9,6	6,3	35,5	10,4	5,3	6,3	22,0	7,6	3,8	6,3	17,7
Machine de Walker et Rastrick.	27,7	13,8	10,6	52,3	14,7	7,3	10,6	32,6	10,4	5,1	10.6	26,1

Les rapporteurs annoncent que dans l'évaluation de la force des machines locomotives, ils ont pris pour base celles qui étaient alors en usage; mais que ce genre de machine fait de très-grands progrès. M. Walker ajoute que, si l'on considère la question sous un point de vue général, on doit en espérer de plus grands encore. Il est vrai, dit-il, que l'on peut aussi attendre quelque perfectionnement dans le système des machines fixes, mais beaucoup moins étendus que dans celui des machines locomotives.

Malgré le rapport de ces ingénieurs, les directeurs du chemin de Liverpool ne se crurent pas en état de décider la question. La majorité, dit M. Booth, penchait pour les machines locomotives; mais ils voulaient qu'en leur conservant la même puissance qu'aux machines alors en usage, on diminuât leur poids qui s'élevait généralement à sept ou huit tonnes, et en même temps que l'on se conformât aux stipulations de l'acte de concession en établissant des chaudières fumivores. M. Harrisson, l'un des directeurs, avait pensé que le moyen le plus convenable d'arriver à ce but était d'ouvrir un concours public. Ses collègues finirent par adopter son opinion, et le 20 avril 1829 ils proposèrent un prix de 500 liv. sterlings (12,500 fr.) pour la machine locomotive qui

remplirait le mieux certaines conditions déterminées. Ce concours remarquable a donné lieu aux perfectionnemens les plus importans dans la construction des machines locomotives, et forme en quelque sorte une ère nouvelle non-seulement dans l'histoire de ces machines, mais encore dans l'histoire même des chemins de fer. Aussi nous excusera-t-on de donner une description succincte de ses principaux résultats.

Les conditions sous lesquelles les directeurs du chemin de fer de Liverpool à Manchester offraient le prix de 500 liv. sterl., étaient les suivantes :

1o. La machine doit consumer sa fumée, conformément aux dispositions de l'acte de concession du chemin de fer.

2o. La machine, si elle pèse 6 tonn., doit être capable de traîner, sur un chemin de fer bien construit et horizontal, un convoi de chariots du poids total de 20 tonneaux, y compris l'eau et l'approvisionnement; sa vitesse sera de 10mil. (16093m.) par heure, et la pression dans la chaudière n'excédera pas 50liv. par pouce carré (3athm. 1/2).

3o. La chaudière sera munie de deux soupapes de sûreté, dont l'une sera hors de la portée du machiniste; ni l'une ni l'autre ne pourra être fermée lorsque la machine fonctionnera.

4o. La machine et la chaudière seront montées sur des ressorts et sur six roues. La hauteur totale de la cheminée ne devra pas excéder 15pi. (4m.57).

5o. Le poids de la machine, y compris l'eau de la chaudière, ne doit pas excéder 6 tonn., et une machine plus légère sera préférée, si elle traîne proportionnellement la même charge. Dans le cas où la machine ne pèserait que 5 tonn., la totalité de la charge ne dépasserait pas 15 tonn. Pour des machines plus légères encore, la charge sera diminuée dans le même rapport. La machine sera portée sur six roues, tant que son poids ne sera pas réduit au moins à 4ton. 1/2; à partir de cette limite, l'appareil pourra être placé sur quatre roues. La compagnie aura la liberté de soumettre la chaudière, le foyer et les cylindres, etc., à un effort de la presse hydraulique, équivalant à un poids de 150liv. par pouce carré (10k.54 par centimètre carré ou 10athm. 1/2); elle ne sera pas responsable des dommages qui pourront en résulter.

6o. La machine portera un manomètre à mercure avec une tige graduée, indiquant la pression de la vapeur au-dessus de 45liv. par pouce carré (3k.16 par centim. carré ou 3athm. 16).

7o. La machine doit être présentée au concours sur la partie du chemin de fer située du côté de Liverpool, le 1er octobre prochain au plus tard.

8o. Le prix de la machine qui sera agréée, n'excédera pas 550l. (13750 fr.); les machines refusées seront reprises par les propriétaires.

N. B. La compagnie fournira les chariots à remorquer avec les approvisionnemens d'eau et de charbon pour les expériences. La largeur comprise entre les deux rails est de 4pi. 8po. 1/2 (1m.44).

Il fut décidé plus tard que le concours s'ouvrirait le 6 octobre.

On avait choisi pour juges MM. Rastrick de Stourbridge, Kennedy de Manchester et Nich. Wood de Killingworth. Au jour fixé, M. Robert Stephenson présenta *la Fusée;* MM. Braithwaite et Erickson, *la Nouveauté;* M. Timothy Hackworth, *la Sans-Pareille;* M. Burstall, *la Persévérance;* et M. Brandreth, *la Cyclopède,* machine mue par des chevaux, et dont nous avons parlé précédemment.

On choisit, pour les expériences, le plateau de Rainhill compris entre les plans inclinés de Whiston et de Sutton; cette partie de route présente une ligne parfaitement horizontale, sur deux milles (3218m.) de longueur environ.

Les clauses et conditions publiées par les directeurs ne renfermant aucune indication sur le genre d'épreuve auquel les machines seraient soumises, les juges arrêtèrent les dispositions suivantes qui furent communiquées aux concurrens :

A huit heures du matin on constatera le poids de la machine locomotive avec la chaudière pleine d'eau; et la charge à traîner sera triple de ce poids. L'eau de la chaudière sera froide, et il n'y aura pas de combustible dans le foyer. On délivrera à chaque concurrent la quantité d'eau et de houille qu'il jugera nécessaire pour un voyage de 32mil. 1/2 (2.302m.); ces quantités seront préalablement mesurées avec soin. Cela fait, on allumera le feu, et l'on vérifiera la quantité de charbon dépensée pour la production de la vapeur; en même temps on tiendra note du temps.

Le chariot d'approvisionnement avec l'eau et la houille sera considéré comme faisant

partie de la charge assignée à chaque machine.

Si la machine porte elle-même son eau et son charbon, on lui accordera une diminution proportionnelle dans sa charge, qui sera déterminée d'ailleurs d'après le poids de la machine même.

La machine avec son convoi sera traînée à bras jusqu'au point de départ; elle partira aussitôt que la vapeur aura acquis une tension de 50liv. par pouce carré.

La longueur de chaque voyage sera de 1mil. 3/4 (3510m.), y compris deux espaces de 1/8 de mille (201m.), ménagés à chaque extrémité de la route, pour permettre d'une part au convoi de prendre toute sa vitesse, et de l'autre pour l'arrêter à la fin du relais. On voit, d'après cela, que les machines parcourront à chaque tour un espace de 1m. 1/2 (2414m.) avec toute leur vitesse.

La machine fera dix tours, ce qui équivaut à un trajet de 35mil. (556325m.), effectué avec toute la vitesse dont elle est susceptible. La vitesse moyenne ne sera pas moindre de 10mil. (56093m.) à l'heure.

Aussitôt que la machine aura fait ce premier trajet, qui équivaut à celui de Liverpool à Manchester, on lui fournira une nouvelle provision d'eau et de combustible; et lorsqu'elle sera prête à repartir, elle recommencera un semblable voyage.

On notera avec soin le temps de chaque voyage, ainsi que le temps nécessaire pour préparer la machine au second trajet.

Si la machine ne peut prendre avec elle toute la provision d'eau et de charbon nécessaire pour une reprise de dix tours, le temps employé à renouveler les provisions sera considéré comme partie du temps total du voyage.

Ces dispositions étaient signées de MM. Rastrick, Nicholas Wood, et John Kennedy, et datées de Liverpool, du 6 octobre 1829.

La longueur de la lice était, comme nous l'avons dit, de 1mil. 1/2; on établit à chaque extrémité deux stations occupées chacune par l'un des juges. Chacun d'eux notait avec soin le moment du passage de la machine, soit à l'allée, soit au retour. En comparant ces observations, ils déterminaient exactement le temps de chaque trajet, et aussi le temps employé à l'extrémité de la lice pour arrêter la machine et changer le sens de son mouvement.

Pendant les deux ou trois premiers jours, on se borna à mettre les machines en état, et à les montrer aux nombreux spectateurs qu'avait attirés ce concours remarquable. On se décida ensuite, pour éviter toute confusion, à essayer chacune d'elles séparément et à des jours différens.

La Fusée entra la première en lice. Son poids, y compris l'eau de la chaudière, s'élevait à 4tonn. 5quint. (4,316k.) Sa charge fut fixée d'après cela à 12tonn. 15quint. (12942k.), et composée du chariot d'approvisionnement pesant 3tonn. 4quint. 2liv., et de deux chariots chargés de pierres, pesant ensemble 9tonn. 10quint. 110liv.. Lorsque le convoi fut amené à l'extrémité de la ligne, on alluma le feu; et après 57minutes de chauffage, la vapeur commença à soulever la soupape de sûreté qui était chargée de 50liv. par pouce carré. Au même instant, c'est-à-dire à 10h. 36′ 50″, l'expérience commença, et la machine termina son dixième tour à 1h. 48′ 38″. Le tableau suivant donne les détails de cette expérience.

EXPÉRIENCE IX.

OBSERVATIONS.	Numéros des trajets.	Temps employé au commencement et à la fin de chaque relais.	Heure observée lors du passage de la machine à la station n° 1.	Temps employé à faire le trajet de la station n° 2 à la station n° 1.	Temps employé à faire le trajet de la station n° 1 à la station n° 2.	Heure observée lors du passage de la machine à la station n° 2.	Temps employé au commencement et à la fin de chaque relais.	OBSERVATIONS.
		′ ″	h. ′ ″	′ ″	′ ″	h. ′ ″	′ ″	
Heure du départ, 10h.36′.50″.		1.25						
	1	3.42	10.38.15 10.54.55	6.43	7.43	10.45.58 10.48.12	2.14	
	2	2.28	10.58.37 11.18.42	8.22	7. 8	11. 5.45 11.10.20	4.35	On a graissé les pistons.
On s'est arrêté pour huiler la machine.	3	2.55	11.21.10 11.39.50	8. 3	7.52	11.29. 2 11.31.47	2.45	
	4	2.27	11.42.15 11.58.15	7. 3	6.07	11.48.52 11.51.12	2.20	
	5	2. 5	0. 0.42 0.15.45	6. 5	6.31	0. 7.13 0. 9.40	2.27	
	6	4. 5	0.17.50 0.35.20	8.42	5.55	0.23.45 0.26.38	2.53	
On s'est arrêté pour prendre 19gal. (86lit.) d'eau.	7	2.24	0.39.25 0.55.30	7.35	5.55	0.45.20 0.47.55	2.35	
	8	3 25	0.57.54 1.13.45	6.57	5.40	1. 3.34 1. 6.48	3.14	
	9	2.15	1.17.10 1.33.35	7. 5	5.18	1.22.28 1.26.30	4. 2	On a pris 13gal. (72lit.) d'eau.
Heure de l'arrivée, 1h.48′.38″	10	1.23	1.35.50 1.47.15	5.12	4.12	1.40. 2 1.42. 3	2. 1	
Durée totale de l'expérience, 3h.11′.48″.		28′.34″		h. ′ ″ 1.11.47	h. ′ ″ 1.4.21		′ ″ 29. 6	Temps total employé au commencement et à la fin des relais, 57′.40″.
				2h.14′.8″.				

Aussitôt que cette première épreuve fut terminée, on renouvela la provision d'eau et de combustible, et après un temps d'arrêt de 14′ 34″, c'est-à-dire à 2h. 3′ 12″ la machine commença son second voyage. Ce nouveau trajet se termina à 5h. 0′ 21″; et la machine revint à la première station avec la même pression et la même quantité d'eau dans la chaudière qu'au moment du départ. La table suivante donne le détail de cette seconde épreuve.

EXPÉRIENCE X.

OBSERVATIONS.	Numéros des trajets.	Temps employé au commencement et à la fin de chaque relais.	Heure observée lors du passage de la machine à la station n° 1.	Temps employé à faire le trajet de la station n° 2 à la station n° 1.	Temps employé à faire le trajet de la station n° 1 à la station n° 2.	Heure observée lors du passage de la machine à la station n° 2.	Temps employé au commencement et à la fin de chaque relais.	OBSERVATIONS.
		′ ″	h. ′ ″	′ ″	′ ″	h. ′ ″	′ ″	
Heure du départ, 2h.3′.12″.	1	1.38	2. 4.50 2.20.55	7.32	6.15	2.11. 5 2.13.13	2. 8	
	2	2.25	2.23.10 2.38.50	7.20	5.57	2.29. 7 2.31 30	2.23	
	3	2.30	2.41.20 2.55.48	6.12	5 17	2 46.37 2.49.36	2.59	
On a pris 1qul.2liv. (51k.68) de coke.	4	2.47	2.58.35 3.16. 8	6.47	7. 6	3. 5.41 3. 9.21	3.40	On a graissé les chariots.
	5	2.41	3.18.49 3 33 38	6.33	6. 5	3.24.54 3.27. 6	2.11	
	6	2.48	3.36.26 3.52. 7	7.18	5.51	3 42.17 3.44.49	2.32	
	7	2. 2	3.54. 9 4.10.33	7.46	6. 9	4. 0 18 4. 2.47	2.29	
	8	2.18	4.12.51 4.30.11	8.19	5.23	4.18.14 4.21.52	3.38	On a pris 16gal. (72lit.) d'eau.
	9	2.13	4.32.24 4.46.27	6.32	5.25	4.37.49 4.39.55	2. 6	
Heure de l'arrivée, 5h.0′21″.	10	1.57	4.48.24 4.59.36	5.18	3.44	4.52. 8 4.54.18	2.10	
		0.45						
Durée totale de l'expérience, 2h.57′.9″.		′ ″ 24. 4.		h. ′ ″ 1.9.37 2h.6′.49″.	′ ″ 57.12		′ ″ 26.16	Temps employé au commencement et à la fin des relais, 50′.21″.

En examinant le tableau précédent, on voit que la machine, en marchant à toute vitesse, a parcouru dans le premier voyage 30mil. en 2h. 14′ 8″ ; c'est-à-dire avec une vitesse moyenne de 13mil.4 (21·563m.) par heure; dans le second voyage, le temps du même trajet a été de 2h. 6′ 9″, ce qui donne une vitesse moyenne de 14mil.2 (22·852m.) par heure. Le temps employé pour parcourir un espace total de 5mil. (8·046m.) à la fin des relais, a été, dans le premier cas, de 57′ 40″, et dans le second de 50′ 20″, ce qui équivaut à des vitesses de 5mil.2 (8,368m.) et de 6mil. (9,655m.) par heure.

Le maximum de vitesse pendant une allée et un retour, a été, dans le premier voyage, de 19mil. 1/7 (38·802m.) par heure, et dans le second de 20mil. (32·186m.). Le minimum est de 11mil. 4/11 (18,281m.) et de 13mil. (20.931m.) par heure. La plus grande vitesse qui ait été obtenue correspond au dernier trajet de la station n° 1 à la station n° 2. La distance a été franchie en 3′ 44″, c'est-à-dire avec une vitesse de 29mil. 1/9 (56·670m.) à l'heure.

Au commencement de l'expérience, on a mis dans le foyer 222liv. (100k.65) de combustible pour produire la vapeur. Si l'on en déduit 80liv. (36k.27) qui restaient encore lorsque la vapeur a eu acquis la tension convenable, on trouve que la quantité de houille consommée pour chauffer l'appareil s'est élevée à 142liv. (64k.38). La machine a dépensé, durant les deux expériences, 1,085liv. (491k.) de houille, ce qui équivaut à 0liv.91 par tonneau et par mille (0k.25 par tonneau et kilomètre), ou à 1liv.63 par tonneau et par mille (0k.45 par tonneau et kilomètre),

si l'on fait abstraction du poids de la machine et du chariot d'approvisionnement. La quantité d'eau consommée a été de 579 gall. ou 92pi. cu.6 (2m. c.621), en sorte que l'on a dépensé 11liv.7 de houille pour la vaporisation de chaque pied cube d'eau (189k. par mètre cube.)

On remarquera que les trajets de la station no 1 au no 2 ont été constamment plus rapides que les trajets en sens inverse. Dans le premier cas, la machine traînait les chariots derrière elle, tandis que, dans le second, elle poussait devant elle tout le convoi : la route étant, ainsi que nous l'avons dit, parfaitement horizontale, on ne peut attribuer cette différence de vitesse de la machine qu'au désavantage résultant de son second mode d'action ; or, si l'on observe que dans la pratique les machines locomotives traînent toujours les chariots derrière elles, on en conclura qu'il est peut-être convenable de prendre pour mesure du travail effectif de *la Fusée* le résultat de ses trajets de la station no 1 au no 2. Le temps de ces voyages a été dans la première épreuve de 1h.2′ 21″, et dans la seconde de 57′ 12″ ; ce qui représente des vitesses de 14mil. 1/2 (23.335m.), et 15mil. 3/4 (25.346) par heure. Toutefois nous devons remarquer qu'en adoptant cette évaluation, on pourrait craindre d'arriver à un résultat exagéré. En effet, bien que la machine, en s'arrêtant à chaque tour, dût nécessairement éprouver une certaine perte de force vive, cependant pendant toute la durée de ces temps d'arrêt la vapeur n'était pas dépensée, et la chaudière continuait à la produire, sinon avec autant d'abondance que pendant la marche du convoi, du moins avec toute l'activité due au tirage de la cheminée. D'après ces considérations, on pourrait peut-être admettre que si la machine eût franchi les 70mil. d'un seul trait, le temps du voyage eût été égal au temps employé à parcourir vingt fois l'intervalle des deux stations, plus la moitié du temps employé à chaque relais. Le travail effectif de *la Fusée* aurait ainsi pour mesure un poids de 17tonn. (17tonn.15), ou (en faisant abstraction de la machine) un poids de 9ton. 1/2 (9ton.65) transporté à une distance de 70mil. (112.652m) dans l'espace de 5h. environ, c'est-à-dire avec une vitesse de 14mil. (22,530m.) à l'heure. La quantité d'eau vaporisée serait de 114gall. (518lit.) par heure, et la consommation de coke de 217liv. (98k.98) dans le même temps.

La seconde machine soumise à l'épreuve fut *la Sans-Pareille*. Les juges avaient d'abord l'intention de déterminer, comme précédemment, la quantité de combustible, ainsi que le temps nécessaire pour porter la vapeur à une tension de 50liv. par pouce carré (3k.50 par cent. carr. ou 3athm. 1/2). Mais avant de présenter la machine au concours, M. Hackworth l'avait fait courir, pour vérifier si l'on avait exactement bouché quelques fentes de la chaudière. L'eau se trouvant ainsi déjà chaude, on fut obligé de renoncer à cette observation préliminaire.

Après avoir introduit dans la chaudière la quantité d'eau convenable, on pesa la machine, et l'on trouva que son poids s'élevait à 4ton.15quint. 1/2 (4,850k.). Or, d'après les clauses et conditions imposées aux concurrens, toute machine, dont le poids dépassait 4ton. 1/2 (4.570k.), devait être montée sur six roues. *La Sans-Pareille* se trouvait donc exclue du concours. Malgré cette circonstance, on se détermina à la soumettre aux épreuves, afin de juger si les résultats obtenus étaient assez satisfaisans pour que les directeurs pussent les prendre en considération.

Le poids total du convoi fut fixé à 19ton. 2quint. (19,400k.). Il comprenait, 1o la machine pesant 4ton.15quint. 1/2 ; 2o les chariots d'approvisionnement, du poids de 3ton. 6quint. 3/4 ; 3o trois chariots pesant ensemble 10ton.19quint. 3/4. Les expériences ont été conduites comme précédemment et ont fourni les résultats suivans :

EXPÉRIENCE XI.

OBSERVATIONS.	Numéros des trajets.	Temps employé au commencement et à la fin de chaque relais.	Heure observée lors du passage de la machine à la station nº 1.	Temps employé à faire le trajet de la station nº 2 à la station nº 1.	Temps employé à faire le trajet de la station nº 1 à la station nº 2.	Heure observée lors du passage de la machine à la station nº 2.	Temps employé au commencement et à la fin de chaque relais.	OBSERVATIONS.
		′ ″	h. ′ ″		′ ″	h. ′ ″	′ ″	
Heure du dé-		1. 9	10.11.30	′ ″	5. 9	10.16.39	2. 6	
part,	1		10.26.22	7. 9		10.18.45		
10h.10′.21″.		2.12	10.28.31		6. 3	10.34.37	2. 1	
	2		10 43.46	7. 8		10.35.38		
		2.11	10.45.57		6. 8	10.52. 5	2.11	
	3		11. 1.37	7.21		10.54.16		On s'est arrêté
		2.35	11. 4.12		5.39	11. 9.46	1.52	pour huiler
	4		11.18.12	6.34		11.11.38		les chariots et
		2.35	11.20.47		6. 1	11.26.26	1.55	réparer la
	5		11.35.17	6.56		11.28.21		pompe foulante.
Un des cha-		2.40	11.37.57		6.22	11.43.58	.11	On a pris 8gal.
riots a été	6		11 55 21	7.12		11.48. 9		(36lit.) d'eau.
détaché.		2.54	11.58.15		5.31	0. 4.37	2.34	On a pris 8gal.
	7		0.15.12	8. 1		0. 7.11		(36 lit. 34)
Heure de l'ar-		3.31	0.18.43			0.24.14	3.18	d'eau et visité
rivée,	8					0.27.32		la pompe
0h.27′.32″								foulante.
Durée totale de l'expérience, 2h.17′.11″.		19.47		50.49	46.27		20. 8	Temps employé au commencement et à la fin des relais, 39′.55″
				1h.37′.16″.				

Dans le cours du huitième trajet, la pompe d'eau froide se dérangea, et l'eau manquant dans la chaudière, la plaque fusible se fondit; l'expérience se trouva ainsi arrêtée. La machine a présenté du reste, pendant la durée des observations, les résultats suivans : d'une part elle a parcouru 10mil. 1/2 (16.898m.) de la station nº 2 à la station nº 1 en 50′ 48″, c'est-à-dire avec une vitesse de 12m. 4 (19.955m.) à l'heure; de l'autre elle a parcouru 12mil. (19.311) en 46′ 27″, c'est-à-dire avec une vitesse de 15mil. 5 (24.945m.). A l'extrémité des relais, la vitesse a été de 5mil.73 (9172m.) et 6mil. (9655m.) par heure. Le maximum de vitesse, pour une allée et un retour, a été de 16mil.5 par heure (26.552m.), et le minimum de 12mil.4 (20.116m.). Dans le premier trajet de la station nº 1 à la station nº 2, la vitesse s'est élevée à 17mil.4 (28461m.).

L'espace total parcouru par la machine est de 27mil.5 (43.442m.), et la consommation de houille de 1269liv. (574k.37), en sorte qu'elle a dépensé 2liv. 41 de combustible par tonneau et par mille (0k.67 par tonn. et kilom.), ou 4liv.2 (1k.16 par tonn. et kilom.), si l'on fait abstraction du poids de la machine et de son approvisionnement. On a d'ailleurs employé 274gall. ou 43pi. cub.84 (1m. c.24) d'eau; par conséquent la vaporisation de chaque pied cube a exigé 28liv.8 de charbon (465k.98 par mètre cube).

En définitive, le travail effectif de la machine, calculé d'après les mêmes bases que celui de *la Fusée*, a pour mesure un poids de 19ton.5 (19.80), ou si l'on fait abstraction de la machine et de son chariot d'approvisionnement, un poids de 11ton. (11 30) transporté à une distance de 15mil. (24.140m.) en une heure; la quantité d'eau vaporisée dans cet espace de temps étant d'ailleurs de 150gall. (681lit.50), et le poids du combustible dépensé de 692liv. (313k.77).

Les propriétaires de *la Nouveauté* n'ayant pu essayer cette machine sur un chemin de fer, avant leur arrivée à Liverpool, recon-

nurent, lorsqu'ils l'eurent placée pour la première fois sur les rails, que la disposition des roues exigeait quelque modification. Cette circonstance et quelques autres accidens imprévus forcèrent de retarder le moment de l'épreuve. Les juges avaient d'abord décidé que l'expérience aurait lieu le lundi, afin de laisser aux propriétaires le temps de faire toutes les réparations nécessaires; mais, sur les instances de M. Braithwaite, ce délai fut abrégé et l'expérience eut lieu le samedi.

La Nouveauté, comme on le verra plus tard, diffère des machines précédentes, en ce qu'elle porte elle même sa provision d'eau et de combustible. Les juges, afin de la placer dans les mêmes circonstances que *la Fusée*, décidèrent que l'on conserverait dans les deux cas le même rapport entre le poids de la machine même et sa charge utile, en laissant d'ailleurs chacune d'elles transporter à sa manière sa provision d'eau et de combustible.

Le poids de *la Fusée* était, comme nous l'avons dit, de 85quint., et sa charge, non compris le chariot d'approvisionnement, de 19quint.. *La Nouveauté*, pesant 61quint., devait donc traîner une charge égale à 19quint. $\times$ 61/85 = 137quint. ou 6ton. 17quint. (6ton.95). Le poids du convoi fut définitivement réglé ainsi qu'il suit : machine avec la chaudière pleine d'eau, 3ton. 1quint.; provision d'eau et de combustible 16quint. 14liv.; deux chariots chargés de pierres, 6ton. 17quint., en somme 10ton. 14quint. 14liv. (10.873k.)

Après avoir pris ces dispositions, on amena la machine à son point de départ, et on alluma le feu. La vapeur acquit en 54′ 40″ la tension voulue de 50liv. par pouce carré. On n'avait fourni pour chauffer l'appareil que 66liv. (29k.92) de houille, mais le foyer contenait déjà une certaine quantité de combustible que l'on n'a pu déterminer exactement, en sorte qu'il a été impossible d'apprécier la consommation réelle de combustible.

L'expérience a été conduite comme dans les deux cas précédens, et son résultat est indiqué dans la table suivante :

OBSERVATIONS.	Numéros des trajets.	Temps employé au commencement et à la fin de chaque relais.	Heure observée lors du passage de la machine à la station n° 1.	Temps employé à faire le trajet de la station n° 2 à la station n° 1.	Temps employé à faire le trajet de la station n° 1. à la station n° 2.	Heure observée lors du passage de la machine à la station n° 2.	Temps employé au commencement et à la fin de chaque relais.	OBSERVATIONS.
Heure du départ. 11h.0′.28″	1	′ ″ 1.20	h. ′ ″ 11. 1.48 11.16.38	..... 6′.40″	′ ″ 5.36	h. ′ ″ 11. 7.24 11. 9.58	′ ″ 2.34	
		1′.20″		6′.40″	5′.36″		2′.34″	Distance parcourue, 3mil. (4827m.)
				12′.16.				

Lorsque la machine, après son premier trajet, fut de retour à la station no. 1, on reconnut que le tuyau qui amenait l'eau dans la chaudière venait de se crever. Cet accident, suivant M. Erickson, provenait de ce que le robinet, destiné à interrompre ou à établir la communication entre la pompe foulante et la chaudière, s'était trouvé fermé pendant que la pompe fonctionnait. Lorsque cette avarie fut réparée, il était trop tard pour continuer l'expérience.

Cependant la machine fit encore quelques voyages : il résulte d'un rapport publié par M. Vignoles, dans le Magasin mécanique, qu'avec un poids total de 10ton. 6quint. 1/4 (10.474k.) elle parcourut la lice du no. 1 au no. 2 en 4′ 39″, c'est-à-dire avec une vitesse de 17mil. 1/2 (28.163m.) par heure, et qu'elle revint en 5′ 54″ avec une vitesse de 15mil. (24.140m.). On détacha ensuite les chariots, et la machine, en traînant un convoi de voyageurs, fit le trajet

avec une vitesse de 20 à 30mil. (32.116m. à 28.048m.) par heure.

On accorda à MM. Braithwaite et Erickson tout le temps qu'ils demandèrent pour remettre la machine en parfait état de service. Le 14, ils la présentèrent de nouveau au concours. Les juges, à leur arrivée à Rainhill, trouvèrent encore plusieurs pièces démontées, ce qui occasiona un assez long retard. Pour éviter tout nouveau délai, on chauffa immédiatement la chaudière, sans mesurer la quantité de combustible dépensé. Lorsque la machine fut prête, on lui fit faire une première course d'essai, et l'on commença immédiatement les expériences indiquées dans la table suivante :

OBSERVATIONS.	Numéros des trajets.	Temps employé au commencement et à la fin de chaque relais.	Heure observée lors du passage de la machine à la station n° 1.	Temps employé à faire le trajet de la station n° 2 à la station n° 1.	Temps employé à faire le trajet de la station n° 1 à la station n° 2.	Heure observée lors du passage de la machine à la station n° 2.	Temps employé au commencement et à la fin de chaque relais.	OBSERVATIONS.
Heure du départ. 1h.25'.40"		' "	h. ' "		' "	h. ' "	' "	
		1.23	1.27. 3	' "	11. 8	1.38.11	2.39	
	1		1.46 25	5.35		1.40.50		
		1.19	1.48.44		6.14	1.54.58	1. 7	
	2					1.56. 5		
	.	2.42		5.35	17.22		3.46	Distance totale parcourue, 4mil. 1/2 (7242m).
				22'.57".		.		

Vers la fin du second voyage, quelques-uns des joints de la chaudière laissèrent passage à l'eau. L'expérience se trouva interrompue, et M. Erickson déclara se retirer du concours. Les expériences que nous venons de citer ont été, comme on le voit, trop peu prolongées pour que l'on puisse en tirer aucune conclusion positive.

La Persévérance ayant éprouvé quelqu'accident dans son transport à Liverpool, et ne s'étant pas trouvée d'ailleurs conforme aux vues de la compagnie, M. Burstall se retira également du concours.

Le prix fut définitivement décerné à *la Fusée* de M. Stephenson, qui avait satisfait à toutes les conditions imposées par la compagnie.

Nous allons donner une description rapide du mode de construction des différentes machines que nous venons de citer : nous présenterons en même temps quelques remarques sur les perfectionnemens auxquels ont conduit les expériences de Liverpool.

La chaudière A de *la Fusée*, fig. 3 et 4, pl. XII, est cylindrique et terminée par deux surfaces planes; sa longueur est de 6pi. (1m.83) et son diamètre de 3pi. 4po. (1m.01). A l'une de ses extrémités est placée une boîte carrée, ou fourneau B de 3pi. (0m.91) de long sur 2pi. (0m.61) de large et 3pi. (0m.91) de hauteur. Ce fourneau porte à sa partie inférieure les grilles du foyer F; sur toutes ses autres faces, excepté celle qui est placée du côté de la chaudière, il est entouré d'une double paroi qui comprend un espace de 3po. (0m.076) de largeur, constamment rempli d'eau. Un tuyau C, placé latéralement, communique avec la chaudière, et lui fournit constamment l'eau nécessaire à son alimentation; un second tuyau D, fixé sur la partie supérieure du fourneau, conduit la vapeur dans la chaudière.

La moitié supérieure de la chaudière sert de réservoir pour la vapeur, et la moitié inférieure est remplie d'eau. Dans cette seconde partie sont placés des tubes de cuivre qui règnent sur toute la longueur de la chaudière, fig. 4, et qui aboutissent d'une part au foyer, de l'autre à la cheminée. Ces tubes sont au nombre de 25, et ont 3po. (0m.076) de diamètre. Les cylindres sont placés de chaque côté de la chaudière, comme l'indique la figure 3, et n'agissent

que sur une seule paire de roues; leur diamètre est de 8po. (0m.21), et la course des pistons de 16po. 1/2 (0m.41). Quant aux grandes roues, elles ont 4pi. 8po. (1m.42) de diamètre. Le tirage qui détermine la combustion est activé par le courant de vapeur qui passe dans la cheminée à l'aide des deux tuyaux E. L'étendue de la surface de liquide qui entoure le fourneau, et qui se trouve ainsi exposée à l'action directe du calorique, est de 20pi.c. (1m.c.86), et la surface exposée à l'air chaud et à la flamme est de 117pi.c. 8 (10m.c.94); la surface de la grille est de 6pi.c. (0m.c.56).

La *Sans-Pareille* de M. Hackworth est est construite d'après le même principe que *la Fusée*. La combustion est également déterminée par le tirage de la cheminée et par le courant de vapeur qui s'introduit dans la cheminée à sa sortie des cylindres.

La fig. 5, pl. XII, indique la forme de la chaudière, qui est cylindrique et terminée d'un côté par une surface plane, de l'autre par une surface arrondie. Son diamètre est de 4pi. 2po. (1m.27), et sa longueur de 6pi. (1m.83). Les cylindres sont placés de chaque côté du bouilleur et immédiatement au-dessus de l'une des paires de roues; les deux paires sont d'ailleurs réunies ensemble par des tiges horizontales. Le diamètre des roues est de 4pi. 6po. (1m.37); celui des cylindres de 7po. (0m.18), et la course des pistons de 18po. (0m45).

Le foyer se compose d'un double tube qui, après avoir traversé la chaudière, se retourne sur lui-même et vient aboutir à la cheminée C, près de la grille *bb* (fig. 6, pl. XII). Ce tube dépasse la chaudière de 3pi. (0m.91) environ, et du côté du foyer son sommet est entouré d'un espace demi-circulaire. On augmente aussi l'étendue de la surface chauffée, et l'on obtient un tirage plus actif que si la grille était entièrement renfermée dans la chaudière.

Le diamètre du tube, qui est de 2pi. (0m.61) près du foyer, se réduit à 15po. (0m.38) à son débouché dans la cheminée; la longueur de la grille est de 5pi. (1m.52), et sa surface de 10pi.ca. (0m.ca.92). D'après cela, la surface de liquide exposée à l'action directe du feu est de 15pi.ca. (1m.ca.45), et celle qui reçoit l'action de l'air chaud et de la flamme est de 74pi.ca.6 (6m.ca.92).

Dans la machine de MM. Braithwaite et Erickson, *la Nouveauté*, le mode de production de la vapeur est tout différent. Le bouilleur A est plein d'eau dans sa partie inférieure, et sert dans sa partie supérieure de réservoir à la vapeur. Il communique avec le bouilleur horizontal B, dont le sommet est situé au-dessus du niveau de l'eau contenue dans le premier bouilleur A, et qui se trouve ainsi constamment plein d'eau. La vapeur produite dans le bouilleur B passe dans le récipient à l'aide du tuyau H. Un cylindre vertical C (fig. 7 et 8, pl XII), traverse le bouilleur A, et s'élargit vers sa partie inférieure pour recevoir la grille du foyer F. On verse le charbon par le sommet du cylindre, que l'on referme ensuite, à l'aide d'un couvercle. L'extrémité inférieure du foyer est complètement fermée; l'air est fourni par le ventilateur D (fig. 7), lequel est mu par la machine, et communique avec le foyer à l'aide du tuyau E (fig. 8). L'air, après avoir traversé le foyer, passe dans le tube *eee* placé au milieu du bouilleur horizontal, et s'échappe dans l'atmosphère par le tuyau G. Le cylindre K n'agit que sur l'une des paires de roues de la machine; les deux paires sont réunies l'une à l'autre, lorqu'on le juge nécessaire, à l'aide d'une chaîne semblable à celle des anciennes machines. L'étendue de la grille est ici de 1pi.ca.8 (0m.ca.17) environ. La surface du foyer est de 9pi.ca.5 (0m.ca.88), et celle du tube *eee* de 33pi.ca. (3m.ca.16).

La machine de M. Burstall ne nous a pas paru combinée de manière à concilier la vitesse avec l'économie de combustible. La chaudière était simplement formée d'un cylindre vertical, et la flamme, ainsi que l'air chaud, s'échappaient immédiatement dans la cheminée sans avoir abandonné leur excès de chaleur. Aussi ne croyons-nous pas utile de donner une description détaillée de cette machine. Nous remarquerons cependant que, bien que l'ensemble de sa construction la rendit impropre à remplir les vues de la compagnie, elle présentait dans quelques-unes de ses parties des dispositions fort ingénieuses.

Quant à la machine de M. Brandreth, nous en avons déjà parlé précédemment.

La table suivante indique aussi exactement que possible les résultats fournis par les diverses machines dont nous venons de parler.

TABLE VI.

NOMS DES MACHINES.	SURFACE de la grille.	SURFACE extérieure du foyer.	SURFACE exposée à l'air chaud et à la flamme.	VOLUME d'eau vaporisée par heure.	DÉPENSE de combustible par mètre cube d'eau vaporisée.
	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	kil.
La Fusée	0,56	1.86	10.94	0.52	189.30
La Sans-Pareille. . . .	0,93	1.45	6.92	0.68	465.98
La Nouveauté.	0,17	0.88	3.13	. . .	. . . . . .
Anciennes machines. . .	0,65	1.06	2.76	0.45	296.74

On voit dans la table précédente que *la Fusée* offre sur les anciennes machines une économie notable de combustible, en admettant que le coke et la houille produisent la même quantité de chaleur. Cet avantage est entièrement dû à l'emploi des tubes de petit diamètre, qui présentent une plus grande surface à l'eau contenue dans la chaudière. Cette disposition a été adoptée d'après l'avis de M. Booth, trésorier de la compagnie du chemin de fer de Liverpool à Manchester, et depuis l'introduction des machines locomotives, aucune invention n'a plus puissamment contribué à leur perfectionnement. En effet, tout en donnant à la grille une étendue moindre qu'à celle des anciennes machines, on augmente dans le rapport de 1,86 à 1,06 la surface exposée à l'action directe du feu, et dans le rapport de 4 à 1 environ la surface exposée à l'air chaud et à la flamme. De plus, dans les machines anciennes, le tube traversé par la flamme et l'air chaud, ayant 22po. de diamètre, présentait une section de 380 po.ca., dont le contour extérieur n'était que de 69po. 11. Dans *la Fusée*, la section de 25 tubes de 3po. de diamètre chacun, est de 176po.ca. 7, et son contour de 235po. 6; ce qui établit un rapport beaucoup plus grand entre la surface chauffée et le volume d'air qui traverse le foyer.

Nous nous trouverons conduits à des observations analogues en comparant *la Fusée* avec *la Sans-Pareille*. Dans la première de ces machines, le rapport entre la surface extérieure du foyer et l'étendue de la grille est de 3,33 : 1; tandis que dans *la Sans-Pareille*, comme dans les anciennes machines, ce rapport n'est que de 1,5 : 1. Dans *la Fusée*, la surface exposée à l'air chaud est à la surface de la grille comme 19,66 : 1; dans la *Sans-Pareille*, ce rapport est de 7,5 : 1. Enfin, dans l'une comme dans l'autre, la section des tubes est de 176po. c. 7, tandis que le contour extérieur de cette section est dans l'une de 47po. 12, et dans l'autre de 235po. 6. Ces différences expliquent suffisamment l'économie de combustible que présente *la Fusée* sur les autres machines.

Il est à remarquer que *la Sans-Pareille* dépense plus de charbon que les anciennes machines lacomotives, bien que la surface de sa chaudière soit beaucoup plus grande relativement à l'étendue de la grille. Cette circonstance exige quelqu'explication. Nous avons déjà dit que, lorsque l'on mit pour la première fois en usage les bouilleurs composés de plusieurs tubes, on reconnut la nécessité de faire passer la vapeur dans la cheminée, à sa sortie des cylindres, pour produire un tirage suffisamment actif. M. Hackworth, dans la construction de sa machine, avait eu recours à ce mode de tirage et en avait beaucoup augmenté l'énergie, en faisant passer dans la cheminée un jet continu de vapeur. Il atteignit ainsi le but qu'il se proposait; ou plutôt il le dépassa. Car, dès que la machine commençait à marcher avec une vitesse de 12 à 15mil. (19.312m. à 21.140m.) par heure, le tirage devenait tellement actif, que les résidus de houille étaient rejetés avec force hors de la cheminée, et qu'il se produisait une perte énorme de combustible. Aussi la consommation de sa machine s'élevait-elle au moins à 692liv. de houille (313k. 86) par heure. Celle de *la Fusée*, en supposant que la surface du foyer fût la même, c'est-à-dire de 10pi. ca. (0m. ca. 93) n'eût été, dans

le même temps, que de 361liv. (163k. 68), c'est-à-dire environ moitié moindre. On peut expliquer ainsi l'anomalie apparente qu'offre la machine d'Hackworth, comparée aux machines anciennes. On voit qu'il faut attribuer cet excès de dépense de houille à la rapidité de la combustion et au peu d'étendue de la surface exposée à l'action du feu, circonstances qui laissent échapper l'air et la flamme à une température très-élevée.

Les considérations précédentes nous conduisent à une remarque importante. Il n'est pas douteux que, par l'emploi convenable de tubes d'un petit diamètre, on ne puisse réduire la flamme et l'air chaud, avant leur passage dans la cheminée, à-peu-près au même degré de température que l'eau de la chaudière. De cette sorte, l'eau absorberait toute la chaleur utile, et l'on obtiendrait probablement ainsi la plus grande économie possible dans la dépense de combustible. Mais peut-être ne serait-il pas convenable d'atteindre cette limite; car, du moment où les températures de l'eau et de la flamme deviendraient à-peu-près égales, l'absorption de la chaleur serait si lente, qu'il faudrait employer des tubes d'une longueur démesurée. On peut donc supposer que, dans tous les cas, la température de l'air qui passe dans la cheminée est supérieure à celle de l'eau contenue dans la chaudière. Toutefois cette chaleur sera généralement insuffisante pour donner au tirage de la cheminée l'activité convenable, et l'on devra, pour obtenir ce résultat, sacrifier une plus grande partie de la chaleur de la flamme ou rejeter dans la cheminée la vapeur qui sort des cylindres.

Cette dernière méthode est probablement la plus économique; mais, quand il n'en serait pas ainsi, elle nous paraîtrait encore seule admissible, surtout pour les machines destinées à marcher avec une grande vitesse. Dans les machines locomotives, en effet, la vitesse dépend essentiellement de la quantité de vapeur qui peut être produite dans un temps donné, et par suite de l'activité de la combustion. Or, dans le système que nous indiquons, le courant de vapeur qui détermine le tirage devient plus rapide à mesure que la marche de la machine s'accélère; et, l'activité de la combustion augmente, en même temps que le jeu de l'appareil exige la production d'une plus grande quantité de vapeur. Dans *la Fusée*, ce mode de tirage était mis en usage; mais l'ouverture des tubes qui rejetaient la vapeur dans la cheminée n'était pas assez étroite pour produire un courant très-actif.

La Nouveauté présente, comme nous l'avons vu, un système de tirage essentiellement différent. Le courant est produit par un ventilateur qui amène l'air dans le foyer, en lui faisant subir un haut degré de compression, ce qui rend la cheminée inutile. On peut juger de l'état de condensation de l'air, en remarquant que la section du tuyau qui le rejette dans l'atmosphère est vingt-cinq fois moindre dans cette machine que dans *la Fusée*. D'un autre côté, la température du foyer doit être beaucoup plus élevée que dans cette dernière machine, pour produire la même quantité de vapeur dans le même temps, car l'étendue de la grille n'est que le tiers de celle de *la Fusée*, et la surface exposée à la flamme et à l'air chaud a une étendue deux fois moindre.

Il serait très-important de pouvoir déterminer exactement la puissance de vaporisation d'un appareil ainsi combiné, et il est fâcheux que les expériences entreprises avec *la Nouveauté* n'aient pu être continuées assez long-temps pour arriver à ce but. Nous pensons qu'en théorie ce système doit produire une économie notable de combustible; mais on peut faire contre son emploi quelques objections pratiques, telles que la prompte destruction de la grille du foyer, et la perte de force résultant du mouvement du ventilateur. C'est à l'expérience à décider si l'économie de combustible peut compenser ces inconvéniens.

Avant d'aller plus loin, nous devons remarquer que les accidens survenus à *la Nouveauté*, lors du concours de Liverpool, n'étaient pas dus à quelque défaut dans la combinaison de cette machine, mais seulement à un vice de construction; en effet, la chaudière horizontale, dont le diamètre n'était que de 12po. (0m.30), se trouvait traversée trois fois par le tube destiné à livrer passage à la flamme et à l'air chaud. Or, ce dernier avait 4po. (0m.10) de diamètre à son origine et 3po. (0m.076) à son extrémité; en sorte qu'il ne restait que très-peu d'espace entre ce tube et la partie supérieure de la chaudière. D'un autre côté, la température de la flamme étant nécessairement très-élevée, lorsque la machine marchait avec une grande vitessse, la production de la vapeur était trop rapide pour permettre à l'eau de remplir entièrement le bouilleur horizontal.

Le tube, se trouvant ainsi découvert, a dû céder à l'action de la chaleur et de la pression. Cet inconvénient, comme on le voit, pouvait être facilement évité.

Nous allons actuellement faire connaître quelques perfectionnemens qui ont été apportés dans la construction des machines locomotives.

Depuis les expériences de Liverpool, on a fait subir à *la Nouveauté* plusieurs modifications. On a établi d'une manière plus convenable la communication entre la chaudière horizontale et le réservoir de la vapeur, afin de prévenir le retour de l'accident dont nous venons de parler; un cylindre particulier a été disposé pour mettre en jeu le ventilateur; enfin on a exécuté quelques autres changemens de moindre importance. M. Vignole a ensuite entrepris une expérience, avec la machine ainsi modifiée, sur la partie de chemin de fer qui avait servi pour le concours de Liverpool.

Expérience XII.—Dans cette expérience, la machine a transporté 28ton. 5 à la distance de 30mil. 813, 17ton. 3 à 3mil. 224, et enfin 17ton. 5 à 33mil. 204, ce qui équivaut à un poids de 960ton. 46 transporté à la distance d'un mille (1569ton. 58 transportés à 1k.). La vapeur a été formée en 32'. et la quantité de charbon consommée pendant ce temps a été de 62liv. (28 k. 40). La consommation totale, pendant la durée de l'expérience, s'est élevée à 588liv. (266k.60), c'est-à-dire à 0liv. 613 environ par mille et par tonneau, non compris le poids de la machine (0k. 17 par tonneau et par kilomètre). En tenant compte du poids de la machine, qui est de 4ton. (4ton. 06), la consommation n'est que de 0liv. 55 par tonneau et par mille (0k. 152 par tonneau et par kilomètre); et enfin, si l'on suppose que le poids des marchandises forme les deux tiers de la charge totale, la dépense de combustible est de 0liv. 918 par mille et par tonneau de marchandises (0k. 254 par tonneau et par mille). Le temps employé à faire un voyage complet a été de 6h. 15'. La vitesse moyenne entre les deux stations s'est élevée à 8mil.05 (13k.674) par heure, et la vitesse moyenne pour toute la durée de l'expérience à 6mil. (9k. 655) environ. Le ventilateur était mû par un cylindre particulier, ainsi que nous l'avons dit, et il a fonctionné pendant le temps total de l'épreuve. Ainsi la machine a dépensé toute la vapeur qui pouvait être produite en 6h. 15'.

M. Stephenson a également perfectionné le mécanisme de *la Fusée;* il a augmenté l'activité du tirage en faisant passer dans la cheminée un courant de vapeur plus puissant, et il a ainsi rendu la chaudière capable de produire dans le même temps une plus grande quantité de vapeur. Une expérience a été faite avec cette machine ainsi modifiée, et elle a fourni les résultats suivans :

Expérience XIII. La machine a transporté un poids de 37ton. 25 à 9mil. en 41' 18"; un poids de 41ton. 75 à 3mil. en 13' 15"; et enfin 46ton. 25 à 3mil. en 13' 8". Elle a ainsi parcouru 15mil. (24140m.) avec une vitesse moyenne de 13mil 1/3 (21450m.) par heure, et une charge moyenne de plus de 40ton. (40ton.62). On n'a pas tenu note de la quantité de combustible dépensée; quant à la tension de la vapeur, elle n'a pas dépassé 50liv. par pouce carré (3athm.1/2).

M. Stephenson a encore entrepris deux expériences sur la même portion de chemin de fer avec *le Météore* et *la Flèche.*

Expérience XIV. *Le Météore* portait une chaudière munie de 90 tubes de 2po. (0m.05) de diamètre chacun; la surface de la grille était de 6pi. car. (0m. c. 56); l'étendue de la surface extérieure du foyer de 20pi. car. (1m.46), et la surface exposée à l'air chaud et à la flamme, de 138pi. car. 8 (12m. 90). Cette machine a transporté 34ton. 1/2 (35ton. 10) à une distance de 43mil. 1/2 (70k.) avec une consommation de 1422liv. (644k.74) de coke, et une vitesse moyenne de 10 à 12mil. (16093m. à 19311m.) par heure, ce qui équivaut à 1500ton. environ transportés à 1 mille (2450ton. environ transportés à 1k.). La consommation de houille, en comprenant dans le poids total du convoi la machine et le chariot d'approvisionnement, est de 0liv.78 par tonneau et par mille (0k.22 par ton. et kilom.), ou de 0liv. 94 (0k. 27 par t. et k.), non compris la machine et le chariot d'approvisionnement. En supposant, comme précédemment, que les marchandises forment les deux tiers du poids total du convoi, cette consommation est de 1liv. 42 par mille et par tonneau de marchandises (0k. 40 par ton. et kilom.)

Expérience XV. *La Flèche*, de même construction que la machine précédente, portait une chaudière munie de 92 tubes de 2po. (0m.05) de diamètre chacun. La surface de la grille était de 6pi. car. (0m. c. 56), et l'étendue de la surface du foyer de 20pi. car. (1m. c. 86). La machine a transporté 28ton.

à une distance de 36 mil. 1/4, et 32ton. 1/4 à 6mil., ce qui équivaut à 1208ton. transportés à 1mil. (1972ton. transportés à 1k.) Sa vitesse moyenne a été de 12mil. (19311m.) par heure, et la dépense totale de combustible de 1008liv. (457k.). D'après cela on voit qu'il a été dépensé dans cette expérience 0liv.67 de houille par ton. et par mille (0k. 18 par ton. et kilom.), ou 0liv.83 (0k.23), non compris la machine et le chariot d'approvisionnement, ou enfin 1liv.25 (0k.34) pour la charge utile seulement. Ces résultats sont indiqués dans la table suivante :

TABLE VII.

MACHINES.	VITESSE moyenne par heure.	CONSOMMATION de coke par tonneau et par kilomètre.
	kilom.	kil.
1. La Fusée.*	22.530	0.67
2. La Sans-Pareille	24.140	0.68
3. La Nouveauté	12.874	0.25
4. Le Phénix	19.311	0.40
5. La Fleche	19.311	0.34

On voit ici l'inconvénient que présente pour le transport des marchandises l'emploi de machines légères et d'une faible puissance, marchant avec une grande vitesse. En effet, bien que *la Fusée* ne dépense que 11liv. 7 de coke pour vaporiser un pied cube d'eau, tandis que les anciennes machines en consomment 18liv. 34, cependant, lorsque cette machine marche avec une vitesse considérable, en traînant seulement une charge triple de son propre poids, elle dépense plus de charbon par tonneau et par mille que les machines anciennes. Les machines nouvellement construites pour le chemin de Liverpool sont plus puissantes que *la Fusée,* et peuvent transporter une charge plus considérable relativement à leur poids, ce qui diminue la consommation de houille par tonneau et par mille. Leurs chaudières nous paraissent d'ailleurs combinées de manière à obtenir une économie notable dans la dépense du combustible, et en même temps une plus grande force de vaporisation.

La disposition de ces chaudières est indiquée dans la table suivante :

TABLE VIII.

MACHINES.	SURFACE de la grille du foyer.	SURFACE extérieure du foyer.	SURFACE exposée à la flamme et l'air chaud.	SECTION les tubes traversés par la flamme et l'air chaud.
	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.
La Fusée. . . .	0.56	1.86	10.94	0.1138
La Flèche. . .	0.56	1.86	26.20	0.1818
La Planète. . .	0.68	2.70	20.90	0.0933

Si nous comparons ensemble *la Fusée* et *la Flèche,* nous voyons que cette dernière machine présente à l'action de la flamme et de l'air chaud, une surface beaucoup plus étendue que la première, et qu'en même temps la section de ses tubes est plus considérable. Il résulte de là que le courant d'air qui traverse le foyer est plus actif, et que

la puissance de vaporisation de la chaudière se trouve augmentée. Nous verrons bientôt en effet que la quantité d'eau vaporisée par *la Flèche* est de de $275^{gal.}$ ($1250^{lit.}$) en une heure, tandis que *la Fusée* ne vaporise que $185^{gal.}$ ($810^{lit.}$).

M. Robert Stephenson a bien voulu nous communiquer une expérience intéressante sur ce sujet.

Expérience XVI. Le foyer soumis à l'expérience avait la même forme que celui de *la Fusée*, excepté qu'il était ouvert à la partie supérieure. A ce foyer était fixée une chaudière horizontale, ou générateur, de $5^{pi.}$ $6^{po.}$ ($1^{m}67$) de long sur $16^{po.}$ ($0^{m}.40$) de large, dans lequel étaient placés neuf tubes de $3^{po.}$ ($0^{m}.076$) de diamètre chacun. Ces tubes étaient traversés par l'air chaud comme dans la chaudière de *la Fusée*. La surface extérieure du foyer était de $6^{pi.car.}$ ($0^{m.c.}56$), et celle des tubes de $24^{pi.car.}$ $1/2$ ($2^{m.c.}23$). Après avoir rempli d'eau la chaudière, ainsi que l'espace ménagé autour du foyer, on a allumé le feu, et au bout de 32′ l'eau est entrée en ébullition dans les deux récipiens à la fois A partir de cet instant, le foyer a vaporisé dans l'espace de 38′, $6^{gal.}$ ($27^{lit.}26$) d'eau, et la chaudière $8^{gal.}$ ($36^{lit.}33$; d'où il suit que l'un peut vaporiser environ $10^{gal.}$ ($45^{lit.}43$), et l'autre $12^{gal.}75$ ($57^{lit.}81$) par heure. Ainsi, dans cette expérience, $1^{pi.car.}$ ($0^{m.c.}09$) de chaudière exposé à l'action immédiate du feu a transformé en vapeur $1^{gal.}$ $2/3$ ($7^{lit.}53$) d'eau par heure, et $1^{pi.car.}$ de tube exposé à l'action de l'air chaud a vaporisé $1/2$ $^{gal.}$ ($2^{lit.}27$); en sorte que les puissances de vaporisation du foyer et des tubes sont dans le rapport de 10 : 3.

Dans cette expérience le feu était beaucoup moins vif que dans le foyer des machines locomotives; car dans ces machines la quantité de vapeur produite par la même surface de chaudière est plus que double de celle que nous indiquons ici. Il est probable qu'avec une chaleur plus intense, le rapport entre les puissances de vaporisation du foyer et du bouilleur serait plutôt augmenté que diminué. Mais en supposant que ce rapport restât le même, nous trouvons, d'après la table précédente, que les forces de vaporisation de *la Flèche* et de *la Planète* auraient pour valeurs relatives $20 \times 1\ 2/3 + 288 \times 1\ 1/2 = 174$, et $29 \times 1\ 2/3 + 225 \times 1/2 = 160$. Ces deux machines offrent à peu près la même étendue de surface vaporisante; mais les volumes d'air chaud qui traversent les tubes sont dans le rapport de 1818 : 933. Ainsi pour un même volume d'air, la chaudière de *la Planète* présente une surface deux fois plus étendue que celle de *la Flèche*; ou si l'on suppose qu'en un temps égal, il passe une égale quantité d'air dans les cheminées des deux machines, la densité de l'air chaud est deux fois plus grande dans les tubes de *la Planète* que dans ceux de *la Flèche*. Cette densité est égale d'ailleurs à celle de l'air contenu dans la cheminée, circonstance qui doit contribuer à déterminer l'économie de combustible qu'offre *la Planète*.

Il est difficile, sans doute, au milieu de résultats si divers, d'assigner une valeur exacte à la consommation des machines locomotives. Cependant, comme il peut être nécessaire d'avoir quelque donnée qui serve de règle dans la pratique, nous admettrons le résultat de l'expérience IV, table VII. D'après cette expérience, la consommation de houille est de $1^{liv.}42$, ou en nombre rond de $1^{liv.}50$ par mille et par tonneau de marchandises ($0^{k.}41$ par tonn. et kilom.), et de $1^{liv.}$ par mille et par tonneau de charge brute ($0^{k.}28$ par tonn. et kilom.). Ce chiffre a été fourni par une suite d'observations faites avec le plus grand soin, et peut être adopté avec confiance. Nous remarquerons toutefois qu'il indique le maximum de consommation des machines construites suivant le système que nous venons de décrire. M. Stephenson annonce en effet que, d'après quelques expériences récentes, *la Planète* ne dépense que $0^{liv.}66$ par tonneau de charge brute ($0^{k.}18$ par tonn. et kilom.), ou $1^{liv.}$ par tonneau de marchandises ($0^{k.}28$ par tonn. et kilom.)

Si nous supposons que la résistance d'une machine montée sur des roues de $5^{pi.}$ ($1^{m}52$) de diamètre, soit de $340^{liv.}$, et que celle du convoi soit de $205^{liv.}$, la dépense de combustible pour une distance d'un mille sera, d'après le résultat précédent, égale à $45^{liv.}$; et en reprenant la formule dont nous nous sommes servis plus haut, nous pourrons représenter par l'expression $\frac{45 \times (F + F_1)}{645}$ la quantité de houille nécessaire pour transporter à la distance d'un mille un convoi quelconque dont la résistance serait F, celle de la machine étant représentée par F_1. Cette formule deviendrait $\frac{30 \times (F + F_1)}{645}$

si l'on prenait pour donnée la quantité de houille dépensée par *la Planète*, en marchant avec une vitesse de 15mil. (24.140m.) à l'heure.

Nous observerons, avant de quitter ce sujet, qu'en comparant ensemble la dépense de combustible de différentes machines locomotives, on doit tenir compte de leur degré de vitesse. Ainsi *la Nouveauté* est celle qui paraît fournir les résultats les plus économiques, mais sa vitesse n'était que les deux tiers de celle des machines nos 4 et 5, et elle pouvait ainsi traîner une plus grande quantité de marchandises relativement à son poids.

Il nous reste actuellement à faire connaître, d'après les observations les plus récentes, la quantité de travail que peuvent effectuer les machines locomotives.

Cette détermination présente une grande difficulté; en effet, les machines locomotives viennent de subir une suite de perfectionnemens aussi importans que rapides. Dernièrement encore, elles ne marchaient qu'avec une vitesse de quatre, ou tout au plus de six milles à l'heure; aujourd'hui leur vitesse moyenne est de 15mill. (24.140m.), et s'élève quelquefois jusqu'à 30mil. (48.280m.). Chaque nouvelle machine semble supérieure à celle qui l'a précédée, et au milieu de ces progrès successifs, on ne saurait adopter aucune évaluation sans courir le risque d'être bientôt démenti par l'expérience. Ainsi, dans la première édition de cet ouvrage, nous avons admis que le travail des machines les plus parfaites s'élevait à 40ton. (40ton.62) transportés à une distance de 6mill. (9655m.) en une heure. Bientôt de nouveaux perfectionnemens sont survenus, et l'on nous a reproché d'avoir adopté une valeur beaucoup trop faible. Cependant, aujourd'hui comme alors, nous croyons devoir prendre pour donnée le travail effectif des machines actuellement en usage, et suivre ainsi les résultats de l'expérience au lieu de les devancer.

Au reste, les seules machines qui puissent servir de base à nos évaluations sont celles de MM. Stephenson et compie. Dans les dernières machines construites pour le chemin de Liverpool, par MM. Braithwaite et Ericsson, ces ingénieurs ont abandonné leur système de ventilation, et ils se sont servis, pour déterminer le tirage, d'une roue à aubes, placée dans une chambre à l'extrémité de la chaudière. Mais nous n'avons pas eu l'occasion de déterminer le travail utile de ces nouvelles machines et nous ne pouvons exprimer aucune opinion sur leur mérite. Il est vrai qu'une expérience (1) a été faite à Liverpool sur une chaudière à basse pression, construite d'après le système de MM. Braithwaite et Ericsson, et que l'on a obtenu une notable économie de combustible. Mais la longueur des tubes était de 45pi (13m.71), longueur qu'il serait sans doute difficile d'obtenir dans une machine locomotive, et à laquelle nous paraissent dus en grande partie les avantages de cet appareil. Au reste, les deux machines de M. Stephenson et de MM. Braithwaite et Ericsson sont réellement fondées sur le même principe, c'est-à-dire la production du tirage à l'aide d'un procédé mécanique. Dans l'une, c'est la vapeur, qui par son passage dans la cheminée, détermine le courant d'air, dans l'autre c'est le mouvement d'une roue à aubes. Il reste à savoir quel est celui de ces deux moyens qui produit le tirage le plus actif, et qui exige en même temps pour sa manœuvre la moindre dépense de force. Mais, dans les deux cas, aucune portion de la chaleur du foyer n'est consommée, comme dans les machines ordinaires, pour déterminer le courant d'air, et tout le calorique peut être absorbé par l'eau de la chaudière.

Dans l'expérience XIV, *le Météore* a traîné, sur une faible longueur de route, un poids de 34ton.5 (35ton.C3) avec une vitesse de 10 à 12 mil. (16,093m. à 19,312m.) par heure. Mais des expériences plus récentes prouvent que quelques-unes des machines nouvellement construites pour le chemin de Liverpool, peuvent effectuer un travail beaucoup plus considérable, surtout lorsqu'elles suivent, sur de longues distances, une direction constante, au lieu de changer alternativement le sens de leur mouvement.

Une expérience citée par MM. Stephenson et Locke, dans leur ouvrage sur le mérite comparatif des machines fixes et locomotives, donne pour valeur moyenne du travail de *la Fusée* 37ton. 1/4 (37ton.84) de charge brute, ou 25ton. (25ton.40) de marchandises, transportées à 13mil. (20,920m.) en une heure. Cette machine cependant est beaucoup moins puissante que celles qui ont été mises plus tard en usage.

---

(1) Voyez la note 2 à la fin du chapitre.

Au reste, la force des machines locomotives étant proportionnelle à la quantité de vapeur que la chaudière est capable de produire dans un temps donné, on peut apprécier la force des machines précitées en examinant le tableau suivant, dans lequel se trouve indiqué le volume d'eau vaporisée dans un trajet de Liverpool à Manchester. La distance est de 32$^{mil.}$ (51.497$^{m.}$), et la durée totale du voyage, de 2 heures, y compris les temps d'arrêt.

TABLE IX.

MACHINES.	QUANTITÉ de coke dépensé.	QUANTITÉ d'eau vaporisée.	QUANTITÉ d'eau vaporisée par heure.
	kil.	lit.	lit.
La Fusée.	294.70	1681.07	840.53
La Flèche.	408.07	2498.90	1249.45
Le Phénix.	385.40	1953.68	976.84

On voit, par ce tableau, que la quantité d'eau vaporisée en une heure est ici deux ou trois fois plus considérable que dans les anciennes machines. On doit remarquer aussi que la puissance de vaporisation de *la Fusée* se trouve beaucoup augmentée par l'emploi de la vapeur comme moyen de tirage.

La Flèche vaporise 275$^{gal.}$ (1249$^{lit.}$45) d'eau par heure, et produit ainsi à chaque minute 501.328 $^{po. cub.}$ de vapeur sous une pression de 50$^{liv.}$ par pouce carré, ce qui équivaut à une force de $\frac{501.328 \times 50^{liv.}}{12} \times 1^{pi.} = 2.088.866^{liv.} \times 1^{pi.}$ Si l'on admet que l'effet utile de la machine soit égal à $^3/_{10}$ de sa puissance, son travail effectif aura pour mesure $0,3 \times 2,088.866^{liv.} \times 1^{pi} = 626,659^{liv.} \times 1^{pi.}$; et en supposant que la vitesse moyenne du convoi soit de 15$^{mil.}$ par heure, ou de 1320$^{pi.}$ par minute, on voit que la machine sera capable de surmonter une résistance constante de $\frac{626.659^{liv.}}{1320} = 474^{liv.}$

D'après ce résultat, on peut prendre pour mesure de puissance d'une machine locomotive, une charge brute de 30$^{ton.}$ (30$^{ton.}$26), transportée à une distance de 15$^{mil.}$ en une heure, y compris les temps d'arrêt accidentels; il resterait ainsi un excès de force de 174$^{liv.}$, qui est plus que suffisante pour vaincre la résistance de la machine.

La valeur que nous assignons ici au travail des machines locomotives se rapporte à leur état actuel de perfectionnement. Mais l'attention publique est trop fortement dirigée vers ce nouveau genre de moteur pour que l'on puisse douter qu'il ne subisse bientôt de nouveaux perfectionnemens. Aussi, en admettant l'évaluation précédente, nous courons le risque de tomber dans une erreur semblable à celle qui nous a déjà été reprochée. Nous croyons cependant, ainsi que nous l'avons déjà dit, que l'on doit se borner à indiquer les résultats fournis par l'expérience.

Le travail de *la Fusée* et des machines légères de même force est moins considérable; mais nous avons déjà fait connaître les inconvéniens de l'emploi de machines aussi faibles. Nous pensons que, pour obtenir la plus grande économie possible, on ne doit pas se servir de machines dont la puissance soit inférieure à la limite que nous avons indiquée; notamment sur les chemins de fer publics, où la même voie sert en même temps au transport des voyageurs et des marchandises, et où il importe par conséquent que les machines traînent la plus grande charge possible avec une vitesse suffisante pour le transport des voyageurs.

On peut se demander, il est vrai, s'il est possible de construire des machines de cette force qui soient assez légères pour ne pas endommager les rails. Mais si l'on fait attention aux perfectionnemens introduits nouvellement dans la construction des machines locomotives, la solution de cette question ne paraîtra pas douteuse. Ainsi, *la Planète*, qui présente une force convenable, ne pèse

que 5 ou 6ton. , et il est très-probable que ce poids pourrait encore être réduit.

Au reste, en ajoutant aux rails quelques livres de fer par mètre courant, on peut, avec un léger surcroît de dépense, augmenter notablement leur force. Sur le chemin de Liverpool à Manchester, par exemple, le prix des rails n'entre que pour 6 centièmes dans la dépense totale du chemin de fer, et il serait facile de doubler leur résistance avec une dépense de 2 p. °/o environ, c'est-à-dire de 1sh. 6d. par yard courant (2f. 70 par mètre courant) de voie simple. On ne saurait balancer entre une si faible augmentation de dépense, et l'économie permanente que l'on obtiendra dans les frais de transport, en donnant aux machines locomotives un poids supérieur de 20 ou 30quint. (1015kil. ou 1523kil.) à celui des chariots ordinaires. Nous ne prétendons pas par-là recommander l'usage de machines lourdes, mais bien l'emploi de machines qui puissent fournir le maximum d'effet utile, sans détériorer les rails.

D'après ce qui précède, nous admettrons que le travail d'une machine locomotive, sur un chemin de niveau, a pour mesure une charge brute de 30 ou de 40 ton. (30ton. 46 ou 40ton. 62) (suivant la puissance et le poids de la machine, que la force des rails permet d'employer), transportée à une distance de 15mil. (24.140m.) en une heure. Cette charge brute correspond à 20ton. ou 30ton. de marchandises. Les deux tables suivantes indiquent les quantités de travail que des machines de cette force peuvent effectuer avec des vitesses différentes et sur des rampes présentant différens degrés d'inclinaison.

TABLE X.

Machine capable de traîner 30ton. (30ton.47) de charge brute avec une vitesse de 15mil. (24.140m.) par heure.

INCLINAISON de la route.	Charge brute que cette machine peut remorquer avec les vitesses suivantes :									
	10mil. (16.093)	11mil. (17.702)	12mil. (19.302)	13mil. (20.920)	14mil. (22.530)	15mil. (24.140)	16mil. (25.748)	17mil. (27.358)	18mil. (28.967)	19mil. (30.577)
	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton.	ton	ton.
0	54.20	52.61	45.70	39.82	34.80	30.46	26.74	23.61	20.31	17.62
1 : 4480	51.63	50.54	43.21	37.91	33.11	29.0	25.32	[illegible]	19.25	16.74
— 2240	49.25	47.80	41.42	36.15	31.50	27.6	24.20	21.16	18.42	16.14
— 1120	47.20	45.72	39.68	34.56	30.22	26.41	23.14	20.25	17.58	15.29
— 1000	44.22	42.93	36.75	32.60	28.39	24.81	21.77	18.98	16.51	14.37
— 900	43.55	42.32	36.84	32.04	28.01	24.51	21.47	18.68	16.36	14.16
— 800	42.32	40.50	35.68	31.06	27.17	23.75	20.78	18.12	15.83	13.70
— 700	41.87	39.60	34.57	30.15	26.34	23.07	16.11	17.58	15.30	13.31
— 600	39.60	38.37	33.34	29.00	25.32	22.22	19.33	16.97	14.77	12.86
— 500	37.60	36.54	31.67	27.63	24.13	21.01	18.50	[illegible]	14.07	12.18
— 448	36.14	35.02	30.47	26.49	23.21	20.00	17.73	15.48	13.47	11.72
— 400	34.26	33.65	29.23	24.72	22.30	19.49	17.05	14.92	12.94	11.26
— 350	33.19	31.44	27.78	24.28	21.16	18.52	16.21	14.15	12.33	10.65
— 300	31.91	30.21	26.19	22.87	19.94	17.43	15.30	13.32	11.64	10.02
— 250	28.63	27.78	24.13	21.01	18.45	16.06	14.08	12.25	10.73	9.28
— 200	25.48	24.72	21.54	18.72	16.36	14.31	12.55	11.21	9.51	8.29
— 150	21.68	21.00	18.27	15.83	13.85	12.18	10.66	9.29	8.07	7.03
— 100	17.82	17.27	14.99	13.09	11.42	9.96	8.75	7.61	6.67	5.79

TABLE XI.

Machine locomotive capable de traîner 40ton. (40ton.60) de charge brute avec une vitesse de 15mil. (24.140m.) par heure.

INCLINAISON de la route.	Charge brute que cette machine peut remorquer avec les vitesses suivantes :									
	11mil. (17.702m.)	12mil. (19.302m.)	13mil. (20.920m.)	14mil. (22.530m.)	15mil. (24.140m.)	16mil. (25.748m.)	17mil. (27.358m.)	18mil. (28.967m.)	19mil. (30.577m.)	20mil. (32.186m.)
0	70.15	60.93	53.08	46.38	40.60	35.52	31 03	27.06	23.49	20.31
1 : 4480	66.28	57.95	50.54	44.15	38.67	33.80	29.53	25.68	22.34	19.28
— 2240	63.74	55.31	48 21	42.12	36.44	32.28	28.22	24.56	21.21	18.37
— 1120	61.00	52.88	46.08	40.29	35.22	30.86	26.99	23.44	20.40	17 56
— 1000	57.21	49 73	43.34	37.86	33 09	20.03	25 37	22.02	19.18	16 54
— 900	56 53	49.14	42.73	37.35	32 68	28.63	24.96	21.82	18 88	16.34
— 800	54.02	47.60	41.41	35.23	31.68	27.71	24.16	21.12	18 27	15.83
— 700	53.08	46 08	40.19	35 11	30.75	26 90	23.45	20.40	17.76	15.32
— 600	51 15	44.45	38.67	33.79	29.64	25.78	22.63	19 69	17.15	14.82
— 500	48.74	42.22	36 84	32.17	28.11	24.66	21.52	18 78	16 21	14.11
— 448	46.71	40 62	35.32	30.95	26 99	23.65	20.60	17.96	15.62	13.49
— 400	41.86	38.97	32.98	29.74	25.98	22 74	19.89	17.25	15.02	12 98
— 350	42.73	37 05	32.37	28.22	24 66	21.62	18.88	16.44	14.31	12.28
— 300	23.29	34.91	30 50	26.59	23.24	20.40	17.76	15.53	13.50	11.57
— 250	37.05	32.17	28.01	24.46	21.42	18.78	16 34	14.31	12.38	10 76
— 200	32 98	28.72	24 97	21 82	19.08	16.75	14.62	12.69	11.06	9.60
— 150	»	24 36	21.12	18.47	16 24	14 21	12.38	10 76	9.39	8.12
— 100	»	19.99	17.46	15.22	13.30	11.67	10.15	8.91	7 73	6.68

Sur une longue ligne de chemin de fer, on peut prendre pour charge un poids dont la résistance, calculée d'après l'inclinaison moyenne de la ligne entière, soit égale à celle que présente un poids de 30ton. (30ton.47) sur une route horizontale; il est nécessaire toutefois qu'il ne se rencontre pas de rampe sur laquelle la résistance excède la valeur de l'adhérence des roues sur les rails, ou dépasse les limites indiquées dans la table XI. Cette dernière table fait connaître les charges qui peuvent être remorquées sur des plans de peu d'étendue, ainsi que les vitesses correspondantes. On n'a pas poussé le calcul au-delà du point où s'arrête l'effet de l'adhérence des roues sur les rails.

Il est facile de s'assurer, d'après l'exemple de *la Planète*, que les machines locomotives peuvent réellement effectuer la quantité de travail indiquée dans la table XI.

En effet, les cylindres de cette machine ont 11po. (0m.28) de diamètre, et 190po.ca. (0m.ca.124) de surface; la longueur de la course est de 16po. (0m.40). Le nombre des coups de piston est de 84 par minute, et leur vitesse de 223pi. (68m.27).

D'un autre côté, le diamètre des roues est de 5pi. (1m.52). Leur circonférence est de 188pi.14; et la résistance correspondante à une charge de 40ton. est de 400liv., d'où il suit que le travail effectif de la machine pour un tour de roue est égal à 188po.4 × 400liv. = 75360liv. × 1po.

La pression totale qui doit s'exercer sur le piston pour produire un pareil effet est égal à $\frac{75360}{32} = 2355$liv. et la pression par pouce carré est $\frac{75360}{32 \times 190} = 13$liv. environ. La tension de la vapeur dans la chaudière étant d'ailleurs de 50liv. par pouce carré, on voit que l'effet utile est de 26 pour cent. Il reste à examiner si la chaudière est capable de produire une quantité convenable de vapeur sous la pression de 50liv. par pouce carré. La course de chaque piston étant de 16po. et le nombre des coups de piston de 84 par minute, la dépense de vapeur, à chaque minute, s'élève à 190po.ca. × 32 × 84po.

$= 510{,}720$po.cub.. Or, nous trouvons dans la table IX, que *la Flèche*, dont la force de vaporisation est moindre que celle de *la Planète*, réduit en vapeur 275 gallons par heure, ou 4gall.58 par minute, ce qui donne environ 501 328po. cub. de vapeur à la pression de 50liv. ou 510,720po.cub. sous la pression de 49liv.; en adoptant cette donnée pour *la Planète*, son effet utile se trouverait porté à 26.5 pour cent environ. Nous avons vu plus haut, en effet, que la puissance des machines locomotives pouvait en général être évaluée à $^3/_{10}$ de la pression exercée sur le piston. On voit, d'après ce qui précède, que ces machines pourront effectuer le travail indiqué dans la table XI, non-seulement sur de courtes distances ou sur des rampes accidentelles, mais bien d'une manière continue, pourvu que la puissance de vaporisation de la chaudière s'élève à 275 gallons par heure.

Dans le calcul des tables X et XI, nous avons supposé que la force de la machine était constamment la même, ou que la production de la vapeur dans la chaudière était égale dans des temps égaux. Pour peu que l'on considère le mode de formation de la vapeur, on reconnaîtra que cette hypothèse n'est pas rigoureusement exacte. En effet, le tirage est presque entièrement déterminé par le courant de vapeur qui s'échappe dans la cheminée. Or, plus la vitesse de la machine est considérable, plus ce courant doit être actif, et plus aussi la production de la vapeur doit être rapide. On devrait donc, lorsque la vitesse augmente, obtenir avec la même machine un plus grand effet. Mais, comme d'un autre côté l'accélération du piston donne lieu à une certaine perte de force, et qu'en même temps la résistance de l'air croît avec la vitesse du convoi, l'on doit peut-être, à défaut d'expériences précises, admettre dans la pratique que la machine conserve la même puissance, et qu'elle est capable d'effectuer, à de grandes vitesses, le travail indiqué dans la table XI.

Il serait impossible de comprendre, dans des tableaux semblables à ceux que nous venons de présenter, tous les cas qui peuvent se rencontrer dans la pratique; mais on peut y suppléer sans peine à l'aide de la formule que nous avons déjà donnée page 320.

En appelant, comme précédemment, Π le poids de la machine, Π celui des chariots, f le coefficient du frottement, f_1 le rapport du tirage à la charge sur un chemin horizontal, i l'inclinaison du plan, nous aurons, dans le cas de la remonte, l'équation

$$(1) \qquad f\Pi = (\Pi + \Pi_1)(f_1 + \sin. i).$$

et dans le cas de la descente,

$$(2) \qquad f\Pi = (\Pi + \Pi_1)(f_1 - \sin. i).$$

d'où l'on tire

$$\Pi_1 = \frac{\Pi(f - f_1 - \sin. i)}{f_1 + \sin. i}$$

$$\text{et } \Pi_1 = \frac{\Pi(f - f_1 + \sin. i)}{f_1 - \sin. i}$$

Lorsque le plan est horizontal, on a $\sin. i = 0$, et par suite

$$\Pi_1 = \frac{\Pi(f - f_1)}{f}.$$

Or, nous avons vu précédemment que l'on peut prendre $f = {}^1/_{20}$ ou $^1/_{25}$, suivant que les pistons agissent sur les quatre roues ou sur deux roues seulement : en prenant d'ailleurs $f_1 = {}^1/_{224}$, on trouve que sur une route horizontale, une machine peut remorquer une charge égale à 9 ou 10 fois son propre poids.

Si le poids du convoi montant est dans un rapport déterminé avec celui du convoi descendant, et si l'on veut que la résistance reste la même dans les deux cas, la valeur de $\sin. i$ se trouve complètement déterminée ainsi que celle de Π, par les deux équations (1) et (2). Supposons en effet que le rapport entre les poids des deux convois soit $q : 1$, nous aurons :

$$f\Pi = (\Pi + \Pi_1)(f_1 + \sin. i)$$

$$f\Pi = (\Pi + q\,\Pi_1)(f_1 - \sin. i).$$

Éliminant Π entre ces deux équations, il vient

$$\sin.^2 i - \frac{q+1}{q-1} f \sin. i + (f - f_1) f_1 = 0.$$

d'où l'on tire

$$\sin. i. = \tfrac{1}{2}\frac{q+1}{q-1}.f \pm \sqrt{\tfrac{1}{4}\left(\frac{q+1}{q-1}\right)^2 f^2 - f_1(f - f_1)}.$$

En supposant $q = 3.\ f_1 = {}^1/_{200}$ et en prenant le signe inférieur, on trouve $\sin. i = 0.0023$, et

$$\Pi_1 = \frac{\Pi(f - f_1 - \sin. i)}{f_1 + \sin. i} = 4{,}5 \times \Pi.$$

d'où $q\Pi_1 = 13.5 \times \Pi$

Si le poids de la machine est de 6ton., on aura $\Pi_1 = 27$ton., et $q\Pi_1 = 81$ton.

Chevaux et machines locomotives.

Nous avons indiqué précédemment, dans différens tableaux, le travail effectué par ces deux genres de moteurs; mais nous croyons utile de rapprocher ces résultats.

Le travail maximum du cheval a pour mesure ainsi que nous l'avons vu, un poids de 12ton. transporté à 20mil., ou un poids de 240ton. transporté à 1mil. en un jour (392ton. × 1k.) D'un autre côté, les documens fournis par les propriétaires des voitures de Liverpool nous apprennent qu'un cheval, marchant avec une vitesse de 9 à 10mil. par heure (14484m. à 16093m.), parcourt moyennement 13mil. (20,910m.) en un jour, et que quatre chevaux sont nécessaires pour traîner avec cette vitesse une voiture ordinaire. Si nous supposons que le poids moyen de chaque voiture soit de 36quin. (1828k.5), et que les résistances sur les chemins ordinaires soient dans le rapport de 7,5 à 1, nous voyons que sur un chemin de fer, quatre chevaux transporteraient en un jour 13ton. 5 à la distance de 13mil., ou 175ton. 5 à la distance d'un mille. Le travail de chaque cheval aurait donc pour mesure un poids de 43ton. 8 transporté à 1mil.. (71ton.52 × 1k.).

M. Walker, dans son rapport sur le chemin de fer de Liverpool, donne pour mesure de ce travail 37ton. 5 × 1mil. (61ton.24 × 1k.), et M. Rustrick 60ton. × 1mil. (97ton. × 1k.); mais le premier prend 10mil., et le second 20mil., pour la distance parcourue chaque jour par le cheval. L'expérience nous indique que cette distance est de 13mil.; en sorte que, d'après la donnée de M. Rastrick, le travail effectif serait de 60ton. $\times \frac{13}{20} = 39$ton. transportés à 1mil. (62ton. 74 × 1k.). M. Tredgold, dans son ouvrage sur les chemins de fer, adopte pour mesure de ce travail un poids de 4ton.8 transporté à 1mil. sur une route ordinaire, c'est-à-dire 4ton. 8 × 7,5 = 36ton. transportés à un mille sur un chemin de fer (58ton. 90 × 1k.).

On voit, d'après ces divers résultats, que l'on peut, avec assez d'exactitude, considérer comme valeur maximum du travail d'un cheval marchant avec une vitesse de 10mil. (16,093m.) à l'heure, un poids de 43ton.8 transporté à 1mil. en un jour (71ton.52 × 1k.).

La table X indique comme mesure du travail d'une machine locomotive un poids de 53ton.4 transporté à une distance de 10 milles en une heure, ou de 45ton. × 12mil. (880ton. 82 × 1k.). Nous sommes convaincus, d'après quelques nouveaux résultats, que cette valeur n'est pas exagérée; en effet, *la Planète*, dans une expérience faite sur le chemin de Liverpool à Manchester, a parcouru la distance qui sépare ces deux villes dans l'espace de 2h. 54m., en traînant 75ton. (76ton.17) de marchandises (1).

TABLE XII.

	VITESSE par heure.		CHARGE.	DISTANCE parcourue en un jour.		TRAVAIL effectif ou nombre de tonneaux transportés à 1 kilom.	NOMBRE de chevaux équivalent à la puissance de la machine.
	mil.	kilom.	ton.	mil.	kilom.	ton.	
Machines locomotives.	12	19.312	45.70	96	154.494	7060.32	»
Chevaux.	2.5	4.023	12.18	20	32.186	392.02	18
	10	16.093	3.44	13	20.910	71.93	98

Sur la plupart des chemins de fer, les voyageurs et les marchandises doivent suivre la même voie, et par conséquent marcher avec la même vitesse; aussi est-il nécessaire de prendre pour limite de la charge d'une machine locomotive le poids qu'elle est capable de traîner avec la vitesse qui convient au transport des voyageurs. Une vitesse de 12mil. par heure est généralement suffisante; or, dans ce cas, une machine effectue

(1) Voyez la note 3 à la fin du chapitre.

en 8 heures le travail de 18 chevaux, comme on le voit dans la table précédente. Pour une vitesse de 15mil. par heure, sa charge n'est que de 30ton., et son travail équivaut à celui de 12 chevaux en 6h. 1/2; mais nous devons remarquer que dans ce rapprochement nous supposons aux machines une vitesse que les chevaux ne sauraient atteindre, et que d'un autre côté nous prenons pour terme de comparaison le travail maximum du cheval, travail qui suppose une lenteur de marche tout-à-fait incompatible avec le transport des voyageurs.

Si l'on considère le cas où les chevaux marchent avec une grande vitesse, on trouve une différence bien plus marquée. En supposant en effet qu'un cheval parcoure 10mil. (16,093m.) par heure, non compris les temps d'arrêt, on voit qu'une machine, avec une vitesse de 12mil. (19,312m.), effectue en 8 heures le travail de 98 chevaux, et qu'en 6h. 1/2, avec une vitesse de 15mil. (24,140m.) à l'heure, elle produit le même effet que 165 chevaux. On doit conclure de là que, lorsque les voyageurs doivent être transportés sur le même chemin de fer que les marchandises, et que la vitesse moyenne ne doit pas être moindre de 10mil. par heure, l'emploi des chevaux est complètement inadmissible.

L'exemple du chemin de fer de Liverpool vient à l'appui de cette conclusion. Nous avons déjà dit qu'avant la construction de ce chemin, il existait 26 voitures publiques sur la route à barrières qui réunit Liverpool à Manchester. En supposant que ces voitures fussent chargées à chaque voyage de 14 personnes, le nombre des voyageurs devait s'élever à 728 par jour. D'un autre côté, la distance entre les deux villes étant de 37mil., les voitures parcouraient journellement 26 × 74mil. = 1924mil.. Or, chaque attelage se composait de 4 chevaux, et chaque cheval ne pouvait parcourir que 13mil., en sorte que ce service exigeait 591 chevaux. Sur le chemin de fer, chaque machine locomotive traîne 120 voyageurs et parcourt en 2h. la distance qui sépare les deux villes. Si l'on suppose qu'elle fasse 3 voyages par jour, elle transportera 360 voyageurs; en sorte que deux machines locomotives pourront effectuer sur le chemin de fer le même travail que 591 chevaux sur la route ordinaire. La longueur de cette dernière route était de 37mil., tandis que celle du chemin de fer n'est que de 30mil.; on doit donc diminuer ce nombre de chevaux dans le rapport de 30 à 37, et l'on trouve ainsi que chaque machine fait le travail de 240 chevaux; l'une marchant avec une vitesse de 15mil. et les autres avec une vitesse de 10mil. par heure.

Il existe sans doute peu de villes qui puissent fournir 110 voyageurs à la fois pour former la charge d'une machine locomotive, mais on peut compléter cette charge avec des marchandises, ce qui nous conduit de nouveau à cette conclusion, que dans la plupart des cas tous les transports doivent être effectués avec la même vitesse.

Nous avons vu qu'une machine locomotive, avec une charge de 120 voyageurs, peut faire le même travail que 240 chevaux sur une route ordinaire. Or, l'on sait que les résistances sur les chemins de fer et sur les routes ordinaires sont dans le rapport de 1 à 7,5, d'où il suit que 32 chevaux peuvent effectuer sur un chemin à rails le travail de 240 chevaux sur une route à barrières. Le travail effectif des machines locomotives et des chevaux serait donc dans le rapport de 32 à 1; mais nous devons observer que le poids de 120 voyageurs représente le tiers seulement de la charge que la machine locomotive peut traîner avec la vitesse que nous considérons; en sorte que son travail équivaut réellement à celui de 3 × 32 ou de 96 chevaux, ce qui se rapproche du résultat indiqué dans la table XII.

Le rapport entre l'effet utile des chevaux et des machines dépend sans doute de la longueur, de la nature des marchandises, des pertes de temps, etc. Mais, dans tous les cas, il s'écarte peu de la valeur que nous indiquons. D'un autre côté, les prix relatifs de ces deux genres de moteurs dépendent aussi de la situation du pays, du prix de la houille et de quelques autres circonstances accessoires. Nous croyons cependant qu'en général la dépense d'une machine locomotive équivaut à celle de quatre chevaux avec leurs conducteurs. Ainsi, tant que l'effet utile d'une machine locomotive surpassera celui de quatre chevaux, son emploi devra être préféré sous le rapport économique.

Machines fixes et locomotives.

Nous avons déjà parlé des recherches entreprises par MM. Walker et Rastrick, d'après l'invitation des directeurs du chemin de Liverpool, dans le but de déterminer

le genre de moteur le plus convenable pour cette nouvelle voie de communication. Ces ingénieurs ont donné dans leur rapport des notions très-intéressantes sur les différens genres de moteurs applicables aux chemins de fer, et notamment sur les machines fixes et locomotives. Il est vrai que leurs évaluations ont été faites avant les derniers perfectionnemens introduits dans la construction des machines locomotives, et qu'elles ne s'accordent pas avec les résultats fournis plus récemment par MM. Stephenson et Locke (1). Cependant, comme, il existe entre ces deux évaluations des différences indépendantes du degré de perfectionnement des machines locomotives, et que d'ailleurs le rapport de MM. Walker et Rastrick contient des détails fort utiles, nous croyons convenable d'en présenter ici un résumé rapide. Ces ingénieurs ont pris pour base de leurs calculs le mouvement commercial indiqué ci-dessous.

MOUVEMENT COMMERCIAL PAR JOUR.

1°. *De Liverpool à Manchester.*

1000ton. de marchandises, de Liverpool à Manchester, portées sur des chariots, et pesant avec les chariots 1,500

500t. de bétail, brebis, porcs, etc.; c'est-à-dire que le bétail occupe la place de 500ton. de marchandises, et pèse à-peu-près le même poids; en ajoutant 250ton. pour le poids des chariots, on a 750

Un transport aussi considérable de bestiaux ne doit avoir lieu que deux ou trois fois par semaine; mais il faut se réserver la force nécessaire pour l'effectuer.

400ton. de houille, à la distance de 12 à 15 milles de Kenyon à Manchester, avec les chariots. . . . 600

800 chariots vides, à des distances de 8 à 20 milles, comme de Liverpool à Whiston, Rainhill, Newton 800

800 voyageurs de Liverpool à Manchester, transportés par 35 voitures environ 100

Total. . . 3,750ton.

2° *De Manchester à Liverpool.*

500ton. de marchandises, chaux, pierres, etc.; avec les chariots. . 750

300 chariots vides, ayant apporté du coton et autres marchandises. 250

200 chariots vides, ayant transporté de la houille à une distance de 12 à 15 milles, comme de Kenyon à Manchester. . . . . . 200.

1,600ton. de houille, à une distance de 8 à 20mil., comme de Newton ou de Whiston à Liverpool. 2,400

250 chariots ayant servi au transport du bétail 250

800 voyageurs, de Manchester à Liverpool, occupant 35 voitures environ 100

Total. . . 3,950ton.

Le profil longitudinal du chemin de Liverpool à Manchester présente les dispositions suivantes :

	DISTANCE.	PENTE par mètre.	RAMPE par mètre.
	m.	m.	m.
Plan incliné de la galerie.	1.828.76	»	0,0208
Partie de niveau.	914.38	»	»
Pente insensible	8.247.68	0.0009	»
Plan incliné de Rainhill.	2.413.96	»	0.0104
Plateau horizontal.	3.017.50	»	»
Plan incliné de Sutton.	2.413.96	0.0104	»
Marais de Parr.	4.023.28	0.0004	»
Partie à la suite.	10.460.54	0.0011	»
Marais de Chat.	8.851.23	»	0.0008
Partie de niveau.	7.241.32	»	»

(1) La controverse entre MM. Walker et Rastrick, et MM. Locke et Stephenson, est rapportée dans les *Annales des Ponts et chaussées*, nos 2 et 5 de l'année 1831.

MACHINES LOCOMOTIVES.

MM. Walker et Rastrick admettent que chaque machine a la force de dix chevaux, qu'elle pèse 8ton., et avec l'eau et le combustible 10ton. 1/2, enfin qu'elle peut traîner avec une vitesse de 10mil. (16·090m.) par heure, 19ton. 1/2 (19ton. 80) de charge brute, c'est-à-dire 13ton. (13ton. 20) de marchandises, et 6ton. 1/2 (6ton.60) de chariots (*a*, note 4).

Prix d'achat d'une machine.	550l. s. (1)
Machine de réserve (une pour cinq)	110
Chariot d'approvisionnement, bache	50
1/5 en sus pour la machine de réserve	10
Total.	720l. s.

	l. s.	sh.	p.
En supposant que la durée de la moyenne de chaque machine soit de vingt années, et en déduisant 60l. s. pour la valeur des vieux matériaux, l'intérêt annuel de ce capital est de.	55	16	0
Réparations annuelles (*b*, note 4)	107	8	0
382ton. de houille, à 5sh. 10p. (*c*, note 4)	111	8	4
Graisse, huile, gages des mécaniciens, etc. (*d*, note 4)	92	12	0
Total.	367	4	4

Dépenses annuelles pour tout le chemin de fer.

	l. s.	sh.	p.
On suppose que chaque machine peut transporter 13ton. de marchandises, et exécuter trois voyages par jour, non compris les temps d'arrêt, c'est-à-dire transporter un poids de 1170ton. à un mille de distance. Le mouvement commercial consistant dans le transport de 4,000ton. à la distance de 10mil., ou de 120,000t. à 1mil, 102 machines sont nécessaires pour effectuer ce travail; lesquelles, au prix de 367l.s.4sh.4p. chaque, reviennent à	37·456	2	0
MM. Walker et Rastrick regardent les machines locomotives comme inapplicables sur les plans de Rainhill et Sutton (*e*, note 4), et ils supposent que ces plans seront manœuvrés par des machines fixes, dont la dépense s'élève (*f*, note 4) à	5·013	6	0
Changement de voie sur les parties de niveau, à raison de 120l.s., dont l'intérêt est de.	6	0	0
Dépenses aux stations d'eau (*g*, note 4)	922	1	0
Intérêt à 5 p. 100 de 1·460l. s. 14sh 3p. pour pièces de rechange, cordes, signaux, à savoir :			
Machines de rechange . . . 400 l. s. 0 sh. 0 p.			
Cordes 18ton. 17qu. 16liv. à 51 l.s. . 960 14 3			
Signaux . . . 100 0 0	73	2	0
Total.	43·471	0	0

Cette somme représente le prix du transport journalier de 4,000ton., à la distance de 30mil. (19,613ton.75 à 1k.), ce qui équivaut à 0p·2786 par tonneau et par mille.

Dépense primitive en capital.

	l. s.	sh.	p.
123 machines avec chariots d'approvisionnement, à 600l.s.	73·800	0	0
Machines fixes de Rainhill et Sutton (*f*, note 4)	9·190	0	0
Pièces de rechange des machines	400	0	0
Cordes pour les plans inclinés, déduction faite du prix des vieilles cordes (*f*, note 4).	792	0	0
Cordes de rechange.	961	14	3
Conduits en fonte pour la corde	120	0	0
Signaux pour les deux plans inclinés.	100	0	0
Dix stations d'eau, à 560l.s. chacune (*g*, note 4).	5·600	0	0
	90·963	14	3

MACHINES FIXES.

MM. Walker et Rastrick proposent de partager la ligne totale du chemin de fer de la manière suivante : l'espace compris entre

(1) La livre sterling = 20 shellings = 25 fr. 20 c.
Le schelling = 12 pence = 1 fr. 26 c.
Le penny (au pluriel pence) = 0 fr. 10 c.

la galerie de Liverpool et le pied du plan incliné de Rainhill, et présentant une longueur de 6mil. environ, comprendrait quatre relais de 1mil. 1/2 de longueur chacun. Les plans ascendans et descendans formeraient chacun un relais; les 2mil. du plateau de Rainhill formeraient deux relais; les 19mil. compris entre le pied du plan incliné et Manchester seraient partagés en 12 relais de 1mil. La vitesse entre les stations serait de 12mil. par heure, et se réduirait, en tenant compte des temps d'arrêt, à 9mil. environ.

Les machines seraient d'ailleurs disposées ainsi qu'il suit :

		ch.
1 relais	de 30 chevaux-vapeur, au sommet de la galerie de Liverpool	30
2 —	de 60 chevaux, jusqu'au pied du plan de Rainhill (*a*, note 5).	120
1 —	de 40, au pied du plan. . .	40
2 —	de 120, pour manœuvrer les plans de Rainhill et Sutton (*b*, note 5).	240
2 —	de 40, l'un entre les deux plans, l'autre à l'extrémité du plan de Sutton	80
12 —	de 60, entre le pied du plan de Sutton et Manchester . .	720
1 —	de 24 à Manchester. . . .	24
		1.254

Dépense des machines fixes.

	l. s.	sh.	p.
Au sommet de la galerie de Liverpool, une machine de 30 chevaux	2.000	0	0
Deux machines de 60 chevaux (*b*, note 5), pour manœuvrer les plans de Rainhill et Sutton	10.000	0	0
Sur le plateau de Rainhill, et au pied des deux plans, trois relais, composés chacun de deux machines de 20 chevaux (*c*, note 5).	8.130	0	0
15 relais, composés de deux machines de 30 chevaux chacun, à 3,500l.s. (*d*, note 5).	52.500	0	0
Deux machines de 12 chevaux à la station de Manchester (*e*, note 5)	1.725	0	0
13,090 poulies distantes de 24pi., à 15sh. chaque, y compris la pose	9.817	10	0
Dépenses supplémentaires pour l'établissement des machines et la fondation des bâtimens dans les marais de Chat.	9.000	0	0
	87.172	10	0

Dépenses annuelles.

	l. s.	sh.	p.
Pour l'intérêt du capital de 87.172l.st. 10sh. à 5 p. °/o, et moins value à raison de 1 1/2 p. °/o	5.666	4	3
Réparations, charbon, etc. (*f*, note 5).	11.257	15	8
Cordes pour un transport de 4.000ton. par jour sur une distance de 27mil. et pendant 312 jours; détérioration évaluée à 0p.08 par tonne et par mille (*g*, note 5).	11.232	0	0
Cordes des plans inclinés de Rainhill et Sutton (*f*, note 4).	3.315	12	0
Détérioration de ces cordes pour un transport de 4.000ton. à une distance de 3mil. par jour, pendant 312 jours, à raison de 0p.02 par tonne et par mille (*g*, note 5) . . .	312	0	0
Cordes de rechange : intérêt à 5 p. °/o (*h*, note 5) . .	219	15	0
Dépenses diverses (*i*, note 5)	1.291	4	6
	33.294	11	5

Le mouvement commercial consistant dans le transport de 4,000ton. à la distance de 30mil. chaque jour, et pendant 312 jours, on voit que la dépense annuelle s'élève à 0p.2135 par tonne et par mille.

Dépenses primitives en capital.

	l. s.	sh.	p.
Achat des machines. . .	87.172	10	0
Machines de réserve . .	1.354	0	0
Cordes, à raison de 4.395liv. (*h*, note 5) d'une part, et 792liv. de l'autre (*e*, note 4).	5.187	0	0
Conduits en fonte . . .	300	0	0
Cordes de rechange, d'une part 5,396liv. 16sh. 8p. (*h*, note 5), et de l'autre 961liv. 14sh. 9p. comme précédemment	6.398	11	0
Signaux	550	0	0
	100.862	1	0

COMPARAISON DES DEUX SYSTÈMES.

	CAPITAL primitif.	DÉPENSES annuelles.	DÉPENSE par tonne et par mille.
Machines locomotives.	90.403 l. 14 sh. 3 p.	43.464 l. 9 sh. 0 p.	0 p. 2786
Machines fixes.	100.862 1 0	33.317 7 3	0 2135
Différence.	10 458 6 9 (En faveur des machines locomotives.)	10.147 1 9 (En faveur des machines fixes.)	0 0651 (En faveur des machines fixes.)

MM. Robert Stephenson et Locke, comme nous l'avons déjà dit, ont opposé aux résultats produits par MM. Walker et Rastrick de nouvelles évaluations, dont nous allons présenter un résumé rapide, sans entrer d'ailleurs dans aucune discussion à ce sujet.

MACHINES LOCOMOTIVES.

MM. Robert Stephenson et Locke évaluent la force de chaque machine à 2 ton. de marchandises ou 30 ton. de charge brute transportés à 90 mil. en un jour, c'est-à-dire 1.800 ton. transportés à un mille avec une vitesse de 12 mil. par heure. Chaque machine pèse 5 ton. (*a*, note 6) et coûte 720 liv. y compris 1/5 en sus pour la machine de réserve.

La dépense annuelle de chaque machine s'élève d'ailleurs à 324 l. s. 12 sh. 10 p. à savoir :

	l. s.	sh.	p.
Intérêt de 720 liv. à raison de 7 1/2 p. 100 en y comprenant la moins-value	54	0	0
Réparation annuelle (*b*, note 6)	50	0	0
Mécanicien à 21 sh. par semaine et aide à 26 l. s. par an	80	12	0
439 ton. de charbon par an, à 5 sh. 10 p. (*c*, note 6).	128	0	10
Graisse, huile, chanvre, etc.	12	0	0
	324	12	10

Dépenses annuelles pour toute la ligne.

	l. s.	sh.	p.
Le mouvement journalier consiste dans le transport de 4000 ton. à la distance de 30 mil. ou de 120.000 ton. à 1 mil., et exige ainsi 67 machines, au prix de 324 l. s. 12 sh. 10 p. . .	21.750	19	10
MM. Stephenson et Locke estiment que l'on pourra employer les machines locomotives sur les plans inclinés, en y plaçant des machines de renfort. Chacune d'elles effectuera les 0,6 du travail qu'elle peut faire sur une route horizontale, c'est-à-dire traînera un poids de 12 ton.. En supposant d'ailleurs que chaque machine fasse 20 voyages par jour, c'est-à-dire parcoure 60 mil., le nombre des machines de renfort sera égal à $\frac{4000 \times 6}{10 \times 12 \times 20}$ = 10, et leur prix s'élèvera à	3.246	8	4
Dépenses annuelles de cinq stations pour l'approvisionnement d'eau à 104 l. s. chaque (*e*, note 6).	520	0	0
	25.517	8	2

La dépense annuelle revient, comme on le voit, à 0 p. 164 par tonne et par mille.

Dépenses primitives en capital.

	l. s.
93 machines à 600 l. s..	55.800
Quatre stations pour l'approvisionnement d'eau à 500 liv. (*e*, note 6)	2.000
Changement de voie pour les machines de renfort au plan de Sutton et Rainhill	200
	58.000

MACHINES FIXES.

MM. Stephenson et Locke partagent la ligne totale du chemin de fer en 22 relais, comme MM. Walker et Rastrick ; mais ils

évaluent de la manière suivante la force nécessaire pour la manœuvre :

1 relais de 40 chevaux-vapeur au souterrain (*a*, note 7)	40
3 — de 80 chevaux jusqu'au pied du plan de Rainhill (*a*, note 7).	240
2 — de 50 au pied de chaque plan (*d*, note 7).	100
1 — de 48 sur le plateau compris entre les 2 plans (*b*, note 7).	48
2 — de 80 pour la manœuvre des plans (*c*, note 7).	160
12 — de 80 entre le pied du plan de Sutton et Manchester (*a*, note 7)	960
1 — de 24 à Manchester. . . .	24
	1572

Le prix de leur établissement peut d'ailleurs être évalué ainsi qu'il suit :

	l. s.	sh.	p.
1 machine de 40 chevaux au souterrain	1.800	0	0
17 stations avec deux machines de 40 chevaux (*e*, note 7), à 4.200l.s.. . . .	71.400		
2 stations au bas des deux plans, avec deux machines de 25 chevaux (*f*, note 7), à 2.880liv..	5.760		
1 station au sommet des plans, avec deux machines de 24 chevaux.	2.880		
1 machine de 24 chevaux à Manchester (*g*, note 7) . .	1.890		
13,090 poulies, à 12sh. chaque	7.854		
4 systèmes de voies latérales et de changemens de voies pour chaque station, à 50liv..	4.400		
	95.984	0	0

Dépenses annuelles pour tous les chemins de fer.

	l. s.	sh.	p.
Intérêt et dépréciation d'un capital de 95.984l.s., à raison de 6 ½ p. 100.	6.238	19	2
Charbon, réparations, etc. (*h*, note 7).	18.917	5	0
Cordes (*i*, note 7). . . .	16.136	7	10
Cordes de rechange, intérêt de leur valeur (*k*, note 7). .	739	4	5
	42.031	16	5

Le prix du transport s'élève, d'après cela, à 0p.2694 par tonne et par mille.

Dépenses primitives en capital.

	l. s.	sh.	p.
Capital, d'après l'évaluation précédente.	95.984	0	0
Cordes, etc. (*i*, note 7).	10.727	18	0
Cordes de rechange, etc. (*k*, note 7).	14.784	9	0
	121.496	7	10

COMPARAISON DES DEUX SYSTÈMES.

	CAPITAL primitif.	DÉPENSES annuelles.	DÉPENSE par mille et par tonne.
Machines locomotives.	58.000l.s. 0sh. 0p.	25.517l.s. 8s. 2p.	0p.164
Machines fixes.	121.496 7 0	42.031 16 5	0 269
Différence en faveur des machines locomotives.	63.496l.s. 7 0	16.514l.s. 8 3	0p.105

Ce résumé rapide suffira sans doute pour permettre au lecteur d'apprécier le mérite relatif des deux systèmes. Quant à nous, nous pensons, avec MM. Stephenson et Locke, que, si l'on considère avec attention cette longue série de relais, manœuvrée par tant de machines différentes, et entravée par des changemens de voie continuels, si l'on réfléchit qu'un seul accident suffit pour arrêter le mouvement des convois sur toute la ligne, que la manœuvre exige le concours de 150 personnes, et que l'attention constante de chacune d'elles est nécessaire pour assurer la communication entre deux

des villes les plus importantes du royaume, on doit avouer qu'un semblable système est complètement inapplicable.

M. Walker paraît avoir la même idée, lorsqu'il dit : « La probabilité d'un accident sur un point de la route est moindre dans le système des machines fixes que dans celui des machines locomotives. Mais, dans le premier cas, l'influence de cet accident s'étend sur toute la ligne, tandis que dans le second, l'effet n'en est ressenti que par la machine même et son convoi, à moins cependant que la route ne se trouve obstruée et le passage interrompu. L'un des systèmes est composé en quelque sorte d'une suite de chainons indépendans les uns des autres; l'autre est une chaine continue, qui s'étendrait depuis Liverpool jusqu'à Manchester, et dont tout l'ensemble serait dérangé par la rupture d'un seul anneau. »

Ces considérations s'appliquent surtout aux chemins de fer publics, et aux lignes qui ne présentent que de faibles pentes. Sur les chemins particuliers destinés exclusivement au transport des marchandises ou des produits des mines, l'inclinaison est généralement trop grande pour admettre l'emploi des machines locomotives. Dans ce dernier cas, les évaluations précédentes seront fort utiles pour calculer les frais d'installation. Nous avons déjà donné précédemment des formules qui permettent de déterminer la force nécessaire pour manœuvrer les plans inclinés, soit à l'aide de machines fixes, soit à l'aide de la pesanteur. On trouvera en outre dans la note 8 une table qui présente des renseignemens utiles sur l'usure des cordes.

NOTES DE L'AUTEUR.

NOTE 1.

Extrait de la pétition présentée à la chambre des communes par les propriétaires des diligences employées sur les routes à barrières du comté de Lancastre, et desservant les lignes suivantes :

De Liverpool à Manchester par Warrington;
— à Saint-Hélens;
— à Newton et Wigan,
— à Leigh et Bolton.

« Les pétionnaires prennent la liberté de présenter à la chambre l'état comparatif des taxes payées au gouvernement, ainsi qu'aux commissaires des routes à barrières, et des dépenses qu'a exigées leur entreprise pendant l'année dernière. »

Taxes.

	l. s.	s.	p.
Droit annuel pour 33 voitures	8.455	16	8
Taxes pour les conducteurs.	261	»	»
Droit des barrières pour les vingt-six voitures de Manchester, à raison de 13l. 4s. par jour	4.818	»	»
— pour les quatre voitures de Bolton, à 1l. 15s.	638	15	»
— Pour les deux voitures de Wigan, à 15s. 8p.	267	13	4
Pour la voitures de Saint-Hélens, à 3s.	54	15	»
	14.496	»	»
Péage de trente-trois voitures, à 18l. 10s. 8p. par jour.	8.005	13	4
	22.501	13	4

Dépenses.

	l. s.
Harnais pour 709 chevaux, à raison de 4l. s. par an et par cheval.	2.836
Fer et travail des maréchaux, à 3l. s. par an pour chaque cheval.	2.127
Quatre-vingt-sept valets d'écuries, etc., à 1l. s. par semaine	4.524
Loyer des écuries et des bureaux.	1.418
Moins-value des chevaux *qui doivent être renouvelés tous les trois ans,* à raison de 15l. s. chaque	3.545
Foin et avoine, à 15s. par semaine pour chaque cheval	27.651
Paille, à 2s. 6p. par semaine	4.615
	46.716
A déduire la valeur des fumiers, estimée au prix de la paille.	4.645
	42.101

En ajoutant à cette somme le prix des taxes, on trouve que la dépense totale s'élève à 64.602l. 13s. 4p..

NOTE. 2.

EXPÉRIENCES

Faites aux usines de M. Lairds à North-Bickenhead avec la nouvelle chaudière à basse pression, construite d'après le système de ventilation de MM. Braithwaite et Ericsson par MM. Alexandre Nimmo de Dublin, et charles Vignoles de Londres.

L'appareil de ventilation consiste en une

roue garnie de larges palettes dirigées vers le centre. Cette roue fonctionne dans une chambre placée à une distance de la chaudière, et communiquant avec les tubes qui traversent cette dernière : un tuyau d'une faible longueur surmonte la chambre du ventilateur, et débouche dans l'atmosphère. Lorsque le ventilateur est en jeu, l'air chaud sort du foyer, traverse tous les contours du tube placé dans la chaudière, passe dans la chambre même du ventilateur, et enfin s'échappe dans l'air. Pendant l'expérience, la chaleur, qui dans le foyer était très-intense, se trouvait si complètement absorbée par l'eau de la chaudière, que, lorsque l'air sortait de la cheminée, on pouvait y placer impunément la main. Sa température n'excédait pas 180° Fareinheit (80° Réaumur). On n'apercevait du reste aucune trace de fumée.

Le foyer avait 2pi. (0m.61) de haut, 2pi. 6po. (0m.76) de long, et 2pi. 6po. (0m.76) de large.

Le récipient ménagé pour les cendres avait 1pi. (0m.30) de haut; sa largeur et sa longueur étaient de 2pi. 6po. (0m.76). Les ouvertures de la grille étaient à-peu-près égales à la moitié de la surface.

La chambre du ventilateur avait 2pi. 6po. (0m.76) de hauteur sur 3pi. 6po. (1m.06) de largeur, et 3pi. 6po. de longueur.

Le diamètre de la roue à palettes était de 3pi. (0m.91), et sa largeur de 10po. (0.25).

Le tuyau partant du foyer avait 2pi. 6po. (0m.76) de large, 4po (0m.10) de haut, 2pi. (0m.61) de long. Le premier tour du tuyau avait 4po. (0m.10) de large et 2pi. (0m.61) de long ; les second, troisième, quatrième et cinquième tours avaient 3po. (0m.076) de large sur 2pi. (0m.61) de long. La longueur totale des tuyaux qui traversaient la chaudière était de 45pi. (13m.71).

La surface vaporisante était de 247pi. car. (22m.c..94). Le volume d'eau contenu dans la chaudière pleine était 85 à 90pi. cub. (2m. cub..40 à 2m. cub..55); La surface chauffée, de 33pi. car. (3m. c..07) environ, et le rapport entre la surface des tubes et celle du foyer, de 7 1/2 : 1. Le réservoir de vapeur avait 3pi. (0m.91) de large, 4pi. 10po. (1m.47) de hauteur moyenne, 4pi. 6 po. (1m.37) de longueur, et contenait environ 65pi. cub. (1m. cub..84).

La soupape de sûreté avait près de 5po. (0m.13) de diamètre, et était chargée de 9 liv. (1k. 81) par pouce carré. Le poids total de sa charge était ainsi de 7634k.46), y compris 10liv. (4k. 53) formant le poids de la soupape, de la tige, du crochet, etc.

On s'est servi pour l'expérience de l'eau salée de l'étang de Wallasey, que l'on versait dans un grand réservoir en fer, de 32pi.car. 1/2 (3m. car.02) d'étendue. La chaudière était placée sous un hangar ouvert ; le temps était très-froid et très-pluvieux. L'appareil du tirage était mis en jeu par une roue et une courroie. La vitesse des palettes de la roue s'élevait à 77pi. (23m.46) par seconde ou à près de 52mil. (83.684m.) par heure. On n'a pas déterminé par un calcul exact la force nécessaire pour obtenir ce mouvement; mais les ingénieurs présens ont évalué cette force à celle de deux chevaux environ.

Le feu étant allumé, la vapeur a été portée en 45 minutes à une pression de 4liv. par pouce carré, avec une consommation de 2quint. 1/2 (126k.95) de coke.

La dépense a été d'abord de 8liv. (3k.43) par minute ; elle a diminué graduellement jusqu'à 5liv. (2k.27), et elle s'est élevée moyennement à 6liv. 1/4 (2kil.82). La vapeur a commencé à se former en 27′, et dès ce moment, il y en aurait eu une quantité suffisante pour faire marcher la machine.

Le coke employé dans l'expérience provenait d'une fabrique de gaz (il était de très-mauvaise qualité et pesait 3,000liv. (1,360k.) pour un volume de 100pi. cub. (2m. cub. 82). A égalité de poids, le charbon de Saint-Helens, ordinairement employé sur les bateaux à vapeur, présente un volume de 63pi. cub.). seulement (1m. cub.78). Le prix du coke était 8s. 6p. par tonneau livré à Liverpool. Le coke de Smithy, qui pèse environ 33liv. (14kil..96) par pied cube (0m. cub..028), coûte 35sh..

Lorsque la vapeur a été formée et que l'eau du manomètre fixé à la chaudière s'est élevée à 7 po. 1/2 (0m.19), deux hommes ont commencé à pomper. En même temps on a placé sur la grille une certaine quantité de coke qu'on avait préalablement pesée avec soin, et l'on a fait les observations suivantes :

à 3h. 32′ on a commencé à pomper ;

à 3h. 54′ 16pi. cub. (0m. cub..45) d'eau avait été vaporisée ;

à 4h. 12′ 27pi. cub. (0m. cub..76) ;

à 4h. 19′ 38pi. cub. (1m. cub..07) avait été vaporisée, et l'on avait dépensé 224liv. (101m.56) de coke ;

enfin à 4h. 32', 41 pi. cub. (1m. cub. 18) avait été vaporisée, et il avait été consommé 252l. (114k.26) de coke.

On voit d'après cela qu'il suffisait de 6liv. (2k..72) de coke pour vaporiser 1pi. cub. (0m. cub..028) d'eau par heure ; et comme l'on considère généralement la vaporisation d'un pied cube d'eau en une heure comme équivalant à la force d'un cheval, on arrive à cette conclusion que la chaudière soumise à l'expérience serait suffisante pour une machine de quarante chevaux. La consommation de combustible s'élèverait à 2 quint. 1/2 (126k..95) par heure, et la dépense à 12p. 3/4 ; mais comme après la première heure la consommation diminue, on peut admettre que la dépense n'excéderait pas 1sh. par heure.

Hôtel de Waterloo, à Liverpool, 29 mai 1330.

Signé Alexandre NIMMO.
Charles-B. VIGNOLES.

NOTE 3.

Samedi dernier, 4 décembre 1830, *la Planète*, machine de M. Stephenson, a traîné le premier convoi qui ait parcouru le chemin de Liverpool à Manchester. Ce convoi consistait en 18 chariots contenant 135 balles de coton américain, 200 barils de farine, 63 sacs d'avoine et 34 sacs de drèche, pesant ensemble 51ton. 11quint. 1/4 ; à quoi il faut ajouter le poids des chariots, etc., montant à 23ton. 8quint. 3/4 ; le chariot d'approvisionnement, l'eau et le charbon pesant 4ton., et enfin 15 personnes placées sur le convoi, et pesant 1ton. ; ce qui complétait un poids total de 80ton. (81ton.251), non compris celui de la machine, qui était de 6ton.. Le voyage a été fait en 2 heures 54 minutes, y compris trois temps d'arrêt de 5 minutes chacun pour huiler les pièces frottantes et pour prendre de l'eau et du charbon. Un seul temps d'arrêt est nécessaire dans les circonstances ordinaires. La machine avait à lutter contre un vent contraire; et, outre ce désavantage, les roues et les axes qui étaient entièrement neufs éprouvaient un frottement considérable. Le convoi a remonté le plan de Rainhill, à l'aide de machines de renfort, avec une vitesse de 9 milles (14.483m.) par heure, et elle a descendu le plan de Sutton avec une vitesse de 16mil. 1/2 (26.553m.). La vitesse moyenne sur les autres parties de la route a été de 12mil 1/2 (20.115m.) par heure, la plus grande vitesse sur les parties de niveau étant de 15 mil. 1/2 (24.945m.) Cette dernière vitesse s'est maintenue sur une longueur de 1 ou 2 milles à différentes époques du voyage. (*Journal de Liverpool.*)

Le 23 novembre, *la Planète* a fait le voyage entre les deux villes en 60 minutes, y compris 2' d'arrêt, pour prendre de l'eau comme à l'ordinaire. La machine devait amener à Liverpool quelques électeurs ; le moment du départ s'étant trouvé retardé par un motif quelconque, il a fallu marcher avec cette vitesse extraordinaire pour arriver en temps utile. (*Journal de Liverpool.*)

Les machines ont transporté environ 50,000 voyageurs, et ont parcouru une distance de 28620mil. (46058k.) en 954 voyages, aller et retour, depuis le 16 septembre jusqu'au 7 décembre inclusivement. Pendant cet espace de temps il n'y a eu que onze voyages où elles aient dépassé d'une heure le moment fixé pour l'arrivée. (*Journal de Liverpool.*)

NOTE 4.

(a) *Charge des machines locomotives.*

La force d'un cheval, dans le calcul des machines, est supposée capable d'élever à 1pi. un poids de 33.000liv. par minute, ce qui revient à 150liv. élevées à 220 pieds par minute, ou à 150liv. transportées à 2mil. 1/2 par heure, ou enfin à 150/4 = 37liv. 5 transportées à 10 milles par heure. La puissance de dix chevaux sera donc représentée par 375liv. transportées à 10mil. en une heure, ce qui correspond, en prenant le frottement égal à 1/180 du poids, à une charge de . . . . 30ton. »

En déduisant le poids de la machine, train d'approvisionnement, etc. 10 1/2

Reste pour les marchandises et les chariots 19 1/2

ou 10 ton. de marchandises et 6ton. de chariots.

On a pris pour base de ce calcul le travail des machines en usage sur le chemin de Darlington, en supposant ce chemin réduit à une surface de niveau ; sa rampe est moyennement de 1/246.

Machine d'Ackworth.

Cette machine, comme nous l'avons dit dans le texte, présente sur une route horizontale les résultats suivans :

	EN ÉTÉ.			EN HIVER.		
	5 mil. (8046m.)	8 mil. (12874m.)	10 mil. (16093m.)	5 mil. (8046m.)	8 mil. (12874m.)	10 mil. (16093m.)
	ton.	ton.	ton.	ton52	ton.	ton.
Marchandises.	47.48	25.39	18.00	40.10	21.32	14.50
Chariots.	23.45	12.68	8.92	20.75	10.35	7.30
Machines et fourgon.	16.75	16.75	16.75	16.	16.75	16.75
	ton. 87.68	ton. 54.82	ton. 43.67	ton. 77.37	ton. 48.42	ton. 38.75
	MACHINES PLUS FAIBLES.					
Marchandises.	35.18	18.90	13.52	29.20	15.22	10.48
Chariots.	17.55	9.47	6.75	14.72	7.60	5.28
Machines et fourgon.	12.18	12.18	12.18	12.18	12.18	12.18
	ton. 64.91	40.55	32.45	56.10	35.00	ton. 27.94

Expériences sur le chemin de fer de Bolton, rapportées par M. Sinclair.

Poids d'un chariot . . .	30quint.	0liv.
Poids de sa charge . . .	52	96
	72	96

En sorte que le poids de 13 chariots est de . . . . 106.080liv.

En ajoutant celui de la machine . . . . 23·856

on trouve un poids total de 129·936

Le frottement est égal à . . . . . 129·936 : 180=722 liv.

La pesanteur . . . 129·936 : 448=295

1·017

1·017liv. × 8mil.8=894liv.96 × 10mil.

Ce poids représente la résistance de 71ton.6

En déduisant le poids de la machine. 10 6

Reste 61 0

Réduisant 1/3 pour les chariots. 20 3

Reste pour le poids de marchandises. 40ton.6

Machines de Bolton traînant huit chariots avec une vitesse de six milles à l'heure.

Le poids brut de huit chariots est 8·160 × 8, ou. . . 65·280liv.

Le poids de la machine. . . 23·856

Total. . . . . . . 89·136

Le frottement est égal à 89.136liv. : 180 . . . . . . 495liv.

La pesanteur est de 89·136liv.:440 202

Résistance totale. . . . 697liv.

Or, 697liv. × 6mil.=418liv × 10mil.

Un poids de 418liv. représente la résistance de 33ton.5

Déduisant le poids de la machine 10

Charge brute 22 9

Déduisant 1/3 pour les chariots 7 6

Reste pour les marchandises. . 15ton.3

Machines de Hetton, d'après le rapport de M. Wood.

La roue présente une inclinaison moyenne de 1/187; la machine traîne à la descente, pendant

l'été, seize chariots contenant en

charbon	$848^{quint.}$
Poids des chariots	512
Machine.	210
Total. . . .	$5710^{quint.}$
	ou $175.840^{liv.}$

Vingt voyages par jour équivalent à $51^{mil.}$, c'est-à-dire à $4^{mil.}$ $^1/_2$ par heure ou $5^{mil.}$ en tenant compte des temps d'arrêt.

Or, le frottement est égal à. . . .	$175.840^{liv.} : 180 = 977^{liv.}$
La gravité . .	$175.840 : 287 = 612$
La résistance à la descente est donc de	365

Ce qui équivaut à la résistance de $29^{ton.}$ environ sur une route horizontale.

A la remonte la charge est de $512 + 210 = 722^{quint.}$ ou $80.864^{l.} \cdot 180 = 449^{l.}$

Le frottement est donc égal à.	$80.864 : 180 = 449^{l.}$
La gravité	$80.864 : 287 = 282$
Résistance totale . .	731

Ce qui équivaut à la résistance de $58^{ton.}$ $^1/_2$ sur une route horizontale.

La moyenne entre ces deux résultats est de $\frac{29 + 58.5}{2} = 43^{ton.}75$; mais comme la rampe sur une partie de la route n'est pas favorable, on peut admettre que le travail moyen sur une route horizontale est de $50^{ton.}$ $^1/_2$ transportés avec une vitesse de $5^{mil.}$ par heure.

D'après cela, les charges correspondantes à des vitesses de 5, 8 et $10^{mil.}$ par heure seraient :

	$5^{mil.}$	$8^{mil.}$	$10^{mil.}$
Marchandises.	$23^{ton.}$ $^1/_3$	$14^{ton.}$	$9^{ton.}$ $^9/_{10}$
Chariots . .	16 $^2/_1$	7	4 $^9/_{10}$
Machine . .	10 $^1/_2$	10	10 $^1/_2$
	50 $^1/_2$	31 $^1/_2$	25 $^1/_4$

Or, $50^{ton.}$ $^1/_2$ transportés à 5 milles par heure équivalent à $101^{ton.}$ transportés à 2 $^1/_2$ milles dans le même temps, c'est-à-dire à la force de 8 $^5/_{12}$ chevaux de vapeur.

(b) *Réparations annuelles des machines locomotives.*

	l. s. sh.
Un tube et une cheminée tous les trois ans	12 10
Réparations accidentelles de la chaudière	3 »
	15 10
Report. . .	15 10
Nouvelle cheminée toutes les années, déduction faite du prix de l'ancienne	7 10
Axes et coussinets, un assortiment par an	10 »
Assortiment de barres pour le foyer, tous les deux mois. . . .	6 »
Roues, trois assortimens de jantes en fer forgé par an, déduction faite de la valeur des anciennes . . .	36 »
Train d'approvisionnement, bâche	2 10
Menues réparations	12 »
Total.	89 10
$^1/_5$ en sus pour la machine de réserve.	17 18
	107 8

(c) *Charbon pour chaque machine locomotive.*

Une machine de 10 chevaux traîne 13 tonneaux de marchandises avec une vitesse de 10 milles par heure, et fait trois voyages par jour entre Liverpool et Manchester. Elle parcourt ainsi $90^{mil.}$ avec une charge de $13^{ton.}$, ce qui équivaut à $1170^{ton.}$ transportés à $1^{mil.}$ en un jour. Or, 1170 tonneaux, à raison de $2^{liv.}$ $^1/_2$ (1) par tonneau et par mille, produisent une dépense de $2.925^{liv.}$ de charbon par jour, ou de $2.925^{liv.} \times 312 = 912.600^{liv.}$ par an, ce qui revient environ à $382^{ton.}$ de charbon pour chaque machine locomotive.

(1) La consommation de 2liv. $^1/_2$ par an a été déterminée d'après les données suivantes.

La moyenne des expériences faites à Hetton et à Killingworth, en janvier 1825, donnèrent pour 1 tonn. de marchandises transporté avec une vitesse de 4 $^1/_2$ milles par heure. 2liv.15.

M. Blenkinsop indique pour la consommation de ses machines....................	2	70
Les machines actuelles de Hetton, sur une route de niveau, avec une vitesse de 4 milles par heure, consomment................	3	00
Les machines de Hetton près de Sunderland	2	00
M. R. Stephenson dans son rapport relatif à une expérience faite sur le chemin de fer de Darlington, indique pour une vitesse de 11 milles par heure.....................	1	60

Mais la donnée sur laquelle on s'est principalement fondé, est la consommation actuelle des machines employées sur le chemin de Darlington. Il résulte des renseignemens fournis par M. Story que 296tonn. ont été consommés en 2 mois par 4 machines, et que leur travail a été de 249,239tonn. transportés à 1 mille, ce qui revient à 2 liv.16 par tonneau et par mille. Dans ces machines, la chaudière était traversée par un seul tube.

(d) *Dépenses pour la manœuvre de la machine.*

	l. s. sh.
Salaire du conducteur à 21s par semaine	54 12
Garçon d'aide	12 »
Graisse, huile, étoupe	12 »
Total. . . .	92 12

(e) *Machines locomotives pour les plans inclinés de Rainhill et de Sutton.*

La résistance par tonneau est égale
Pour le frottement à 2240 : 180 = 12liv.44
Pour la pesanteur à 2240 : 96 = 23 33

35liv.77

La machine pesant 10ton. 1/2, sa résistance sera de 375liv. 1/60 ; et comme d'après le § (a), sa force, pour une vitesse de 10mil., est de 375liv., il est clair qu'elle ne pourra remonter que son propre poids.

En conservant la même vitesse et la même charge, on arrive au calcul suivant :

Une machine de dix chevaux pesant 10ton. 1/2 doit remonter ces plans avec une vitesse de 10 milles par heure et une charge de 19ton. 1/2 : or, si une machine pesant 10ton. 1/2 avec son train d'approvisionnement exige pour remonter son propre poids la force de . . . . 10chev.
une autre machine pesant 8ton. 1/2 sans train d'approvisionnement exigera celle de. 8
Et par suite 19ton. 1/2 de marchandises et de chariots nécessiteront une force de. 18 1/2

Force totale. . . . 36 1/2

Avec une machine de la même force, on obtiendra le travail suivant pour une vitesse de 5 milles par heure :

Force d'un cheval à 5mil. = 150/2liv. = 75liv.

Pour dix chevaux. . . . . . 750liv.
A déduire la pesanteur et le frottement de la machine 375

Reste pour la charge . . . 375

Or, 375liv. représentent la résistance de 10ton. 3/4 bruts, où de 7ton. 1/9 de marchandises.

Supposons maintenant que la vitesse soit de 8 milles sur les parties de niveau, et que la machine doive remonter le plan avec une charge de 27ton.

Une force de cheval pour une vitesse de 8mil. est égale à $\frac{150^{liv.} \times 2.5}{2} = 47^{liv.}$; en sorte que la force de 10 chevaux = 470liv.

Or, 470liv. représentent sur un plan horizontal la résistance de . . 37ton.6
A déduire le poids de la machine. 10 5

Reste pour les marchandises et les chariots. 27 1
ou 18ton. de marchandises et 9ton. pour les chariots.

Avec l'aide d'une autre machine d'égale force, la vitesse, sur les plans inclinés, serait de 4 1/2 milles à l'heure, comme il est facile de le voir.

En effet, 27 + 10 1/2 + 8 1/2 = 46ton. = le poids de deux machines de dix chevaux avec leur charge. La résistance par tonneau sur un plan dont l'inclinaison est 1/96, a pour valeur 35liv. 77. Ainsi 35.77 × 46 = 1645liv. = la résistance totale ; et 1645 : 20 = 82 = l'effort de chaque cheval. Or, 82 : 150 : : 2 1/2 : 4 1/2 ; ce qui donne 4mil. 1/2 pour la vitesse par heure.

D'après ces considérations, MM. Walker et Rastrick avaient recours aux machines fixes pour la manœuvre des deux plans, et ils admettaient que, pour obtenir dans le transport une vitesse nette de 9mil. par heure, le mouvement devait s'effectuer avec une vitesse de 12 milles. Le poids à transporter s'élevant à 3,000 tonnes par jour dans chaque direction, la charge à chaque voyage devait être de 52 tonneaux environ.

Machines fixes pour Rainhill. 52 tonneaux ou 116.480liv. : 96, donnent pour la gravité . . . . 1213liv.
Plus le frottement qui est égal à 116.480 : 180 647

Total. 1860

Frottement de la corde = 1/22 de son poids ou de 10,560liv.. . . . 480
Gravité 110

2450liv.

2450liv. : 31 (force d'un cheval à 12 milles par heure) = 80 chevaux. En ajoutant un excès de force de 1/4 en sus, on trouvera que la manœuvre de ces plans exige deux machines de cinquante chevaux chacune.

(f) *Dépenses pour les machines de Rainhill.*

Deux machines de cinquante chevaux à 1500liv. chaque. . . . . 3000l.s.
Tambours, etc. 300

3300

De l'autre part. . .	3300
Bâtiment pour la machine et cheminée	600
Réservoir ou puits pour l'eau. .	100
Habitation du gardien. . . .	100
Poulies au nombre de 330 pour chaque voie, c'est-à-dire 660 pour les deux lignes, à 15sh. chaque.	495
Total.	4595l. s.

Dépenses annuelles.

	l. s.	s.	p.
Intérêt de 4595l. s. à 5 pour °/o	229	13	6
Moins value à 1 ¹/₂ . . .	69	»	»
Trois chaudières dont la moins-value au bout de douze ans doit être de 24l. s. par tonne, c'est-à-dire en somme de 480l. s., ce qui équivaut à une dépense annuelle de. .	13	4	»
Barres de la grille.	5	»	»
Réparations pour la machine	35	»	»
Huile, suif, étoupes. . . .	20	»	»
Usure et cassage des poulies	25	»	»
Charbon pour une force de 80 chevaux travaillant douze heures par jour, à raison de 15liv. de petit charbon par cheval et par heure; ce qui donne pour 312 jours, 1872ton. à 2sh. 6p. ci. . . 234 » » ; Plus pour produire la vapeur, 277ton. à 2s 6p. . 47 2 6	281	2	6
Salaires comme il suit: Conducteur de la machine . . . 54 12 » ; Chauffeur . . 39 » » ; Homme pour le frein . . . . . . 39 » »	132	12	»
Homme pour graisser les poulies. Un homme pour les deux plans, ce qui pour chaque plan revient à	19	10	»
Huile, 150 gallons à 2 sh. 6p.	18	15	»
	848	17	»
Dépenses semblables pour l'autre plan.	848	17	»
	1697	14	»

Cordes. Quatre cordes pour les deux plans inclinés, chacune de 2640 yards de long, de 5 po. ¹/₂ de circonférence, et et pesant 4liv. par yard; chaque corde, en conséquence, pèse 94quint. 32liv., et les quatre cordes 18ton. 17quint. 16liv., ce qui, à raison de 42l. s. par tonneau (déduction faite de 9l. s. par tonneau pour la valeur des vieilles cordes) donne 792l. s.

	l. s. sh. p.				
Intérêt de ce capital à 5 pour 100. .	39 12 »				
Dépense annuelle des cordes pour 4000 tonneaux parcourant 3 mil. par jour pendant 312 jours, à raison de 0·07 d'un penny par tonneau et par mille sur une route horizontale, et de 0p·21 sur une pente de ¹/₉₆, laquelle rend l'usure environ trois fois plus considérable .	3276 0 0	3315	12	0
Dépense totale		5013	6	6

(g) *Stations pour l'eau.*

Une machine de la force de deux chevaux à chaque station. . . .	200l. s.
Pompe, chaudière et mécanisme.	100
Bâtiment pour la machine et citerne	150
Habitation pour le gardien . .	60
Puits ou réservoir	50
	560l. s.

Intérêts et moins-value de 560liv. à 6 ¹/₂ pour 100. . .	42l. s.	» sh.
Usure de la chaudière et des barres, graisses, etc . . .	5	»
Charbon pour la machine, 50ton. à 2sh 6p.	6	5
Chauffeur.	39	»
Total.	92	5

Dix stations à 92 liv. 6sh. chaque. . . 922l. s. 10sh.

NOTE 5.

(a) *Force des machines fixes.*

Frottement de 52ton.	647liv.
Frottement des cordes, poulies, tambour = ¹/₂₂ du poids (1), c'est-	
	647liv.

(1) *Frottement des cordes sur le chemin de fer de Brunton et Shields.*

Sept chariots vides ont fait descendre une corde en 3′45″ (c'est-à-dire avec une vitesse de 8 ⁴/₁₀ milles

Report. . .	647liv.
à-dire de 3400liv. (poids de 1mil. 1/2 de corde de 3 1/2po. de circonférence)	155
Frottement de la corde sur le tambour	13
	815liv.

Force d'un cheval avec une vitesse de 12mil. = 31liv. ; et 85 : 31 = 26 chevaux. En ayant égard à l'excédant de force nécessaire pour assurer la manœuvre, on devra prendre trente chevaux pour chaque direction, ce qui fait deux machines de trente chevaux à l'extrémité de chaque relais de 1mil. 1/2 de longueur.

(b) *Machines pour les plans de Rainhill et de Sutton.*

Le calcul du § (*e*), note 4, conduisait à cette conclusion, que deux machines de cinquante chevaux étaient nécessaires pour la manœuvre de chacun des plans ; mais comme ici les machines auront en outre à remorquer les chariots sur une partie horizontale de 1mil. d'étendue, on a augmenté de dix chevaux la force de chacune d'elles, ce qui fait deux machines de soixante chevaux à chaque station.

Deux machines de soixante chevaux, chacune à 1.800l.s. . . .	3.600l.s.
Tambour et mécanisme . . .	500
Maison pour la machine et cheminée	700
Habitation	100
Puits et pompe.	100
	5.000l.s.

Deux systèmes à 5.000l.s. chacun.	10.000l.s.

(c) *Machines au milieu du plateau et au pied de chaque plan.*

Deux machines de vingt chevaux à 900l.s. chaque. . . .	1.800l.s.
Mécanisme et tambour . . .	300
Bâtiment et cheminée . . .	450
Maison d'habitation	75
Puits ou réservoir.	85
	2.710l.s.

Trois systèmes semblables, à 2 710l.s. = 8.130l.s.

(d) *Machines sur les relais de* 1mil. 1/2.

Deux machines de trente chevaux à 1.200l.s. chaque. . . .	2.400l.s.
Mécanisme et tambour. . . .	300
Bâtiment et cheminée . . .	500
Maison d'habitation	100
Puits ou réservoir.	100
	3.500l.s.
Quinze machines à 3.500l.s. .	52.500l.s.

(e) *Machines près de Manchester.*

Deux machines de douze chevaux à 500l.s. chaque	1.000l.s.
Mécanisme et tambour. . .	200
Bâtiment et cheminée. . . .	400
Maison d'habitation	75
Puits et pompe ou réservoir. .	50
	1.725l.s.

(f) *Réparations et entretien des mach. fixes.*

	l. s. sh. p.
Réparations des chaudières des machines pour une force de 1.354 chevaux à raison de 13l. 4s. pour 100 chevaux	178 14 6
Barres à raison de 5l.s. pour 100 chevaux	67 14 »
Réparations aux machines et au mécanisme, à 7sh. par force de cheval	473 18 »
Huile, suif, étoupe, etc . .	270 16 »
Charbon à raison de 18ton.72 par an et par force de cheval, ou de 25,346ton.88 pour 1.354 chevaux; non compris le charbon nécessaire pour la production de la vapeur à 2s. 6p. par tonneau.	3.168 7 2
	4.159 9 8

par heure), ce qui donne pour le frottement.............................. 88liv. 3/4

M. Thompson dit que 8 chariots la font descendre en 3 minutes (c'est-à-dire avec une vitesse de 10 milles par heure), ce qui donne pour le frottement. . . 82

Frottement moyen................ 85 1/2

Poids de la corde = 1861liv., ce qui montre que le frottement de la corde, des poulies, du tambour, du frein, etc., est égal à 1/22 du poids de la corde.

Seize chariots vides ont descendu en 4 minutes le plan de Killingworth, en traînant une corde de 4 pouces 1/2 dont le poids était 3096liv. L'inclinaison du plan était de 1 : 625, ce qui donne pour le frottement de la corde, etc., 143liv. 1/2 ou 1/22 de son poids à peu près.

De l'autre part. . . . 4.159$^{l.s.}$9$^{sh.}$8$^{p.}$

GAGES D'OUVRIERS.

OUVRIERS.	Machine de Manchester.	15 machines pour des relais de 1 mil. 1/2.	3 machines de 20 chevaux.	2 machines de 60 chevaux.	Galerie de Liverpool.	Total.	Prix par jour.	Prix total.
Mécanicien.	2	30	6	4	1	43	51. 12	2347.16
Hommes pour conduire les chariots. . . .	2	30	6	4	2	44	39.	1716
Homme pour le frein.	1	30	6	4	1	42	39.	1638
Aides.	»	15	3	2	1	21	39.	819
Homme pour huiler les poulies.	»	»	»	»	»	10	»	390

6.910 16 »

Huile, 50$^{gal.}$ par mille, ou 1.500$^{gal.}$ pour 30$^{mil.}$, à 2$^{s.}$ 6$^{p.}$ . . . . . 187 10 »

11.257$^{l.s.}$15$^{sh.}$8^{p}

(g) *Dépenses en cordes.*

D'après des observations faites avec soin par M. Thompson sur le chemin de Brunton et Shields, la dépense des cordes s'éleverait moyennement à 0^{po}.051 par mille et par tonne de marchandises.

La pente de la route était dans la direction suivie par les chariots chargés, et dans certains cas il n'y avait point de corde d'arrière.

Ces deux circonstances sont à l'avantage de cette ligne, comparée à une route horizontale : mais, comme d'un autre côté les chariots étaient ramenés vides, le prix par tonne de marchandises devait se trouver plus grand que sur le chemin de Manchester à Liverpool.

M. Story annonce que les cordes employées sur le plan incliné de Brusselton coûtent 0^{p}.25 par tonneau de charbon qu'elles transportent.

Corde sur le plan de Brusselton.

1.851^{yards} avec une inclinaison de $^1/_{33.5}$, les chariots montant chargés.

825^{yards} avec une inclinaison de $^1/_{30.5}$, les chariots descendant chargés.

En supposant une inclinaison moyenne de $^1/_{33}$, on trouve 69$^{liv.}$ par tonne pour la composante de la pesanteur.

$1.851 \times (69 + 12^1/_2) \times 1.5 = 226.284$ } chariots
$825 \times (69 - 12^1/_2) \times 1.5 = 69.919$ } chargés.

$825 \times (69 + 12^1/_2) \times 0.5 = 23.618$ } chariots
$1.851 \times (69 - 12^1/_2) \times 0.5 = 52.292$ } vides.

382.113$^{liv.}$ × 1$^{yard.}$

ce qui équivaut $\frac{382.113}{12.5}$ ou 30.659$^{ton.}$ × 1^{yard},

ou 17$^{ton.}$37 × 37$^{mil.}$

Déduisant $^1/_3$, ou 5$^{ton.}$79, il reste environ 11$^{ton.}$5 × 1$^{mil.}$, ou 1$^{ton.}$ × 11$^{mil.}$5.

Or, 11$^{mil.}$5 : 1$^{mil.}$: : 0^{p}.25 : 0^{p}.0243. En ramenant ce cas à celui d'une surface horizontale, nous trouvons que la dépense serait de 0^{p}.02, ou de moins de $^1/_{40}$ par tonneau de marchandises et par mille, non compris l'usure de la corde d'arrière.

Sur la partie inférieure de la route de Hetton, suivant M. Wood, le transport de 301.800$^{ton.}$ de charbon à la distance de 2$^{mil.}$ $^1/_2$, d'après le *système réciproque,* a exigé une dépense de 780$^{l.s.}$ en cordes. D'après cela, sur un chemin de niveau, le prix se fût élevé à 0^{p}.13 par tonn. et par mille, ce qui excède de beaucoup les précédens résultats.

En résumé, après de mûres réflexions, nous avons pris pour donnée 0^{p}.08 par tonneau de marchandises et par mille ; à savoir 0.06 pour la corde d'avant, et 0.02 pour la corde d'arrière.

(h) *Capital et intérêts pour la corde de réserve.*

	l. s.	s.	p.
114mil. de corde de 3po. 1/2, à 1liv. 2/3 par yard, ce qui fait 104ton. 12quint. 3/4, 14liv., à 51l.s. par tonne	5.336	16	8
Déduisant 9l.s. pour la valeur des vieilles cordes	941	16	8
Reste	4.395	»	»
Intérêt de 4.395liv. à 5 p. °/o	219	15	

(i) *Dépenses et charges diverses.*

	l. s.	s.	p.
Trente tuyaux en fonte pour le passage des cordes. Intérêt de 300l.s. à 5 pour 100	15	»	»
Charbon dépensé chaque matin pour la production de la vapeur, 28liv. par cheval et par jour; pour 1.354 chevaux, et 312 jours	616	2	6
Usure des poulies à raison de 25l.s. pour 3 milles	250	»	»
Appareils de réserve à raison de 1l.s. par cheval. Intérêt pour 1.354 chevaux	67	14	»

	l. s.	s.	p.
Cordes	5.336	16	8
Pour les plans	961	14	3
à 5 p. °/o 1/2	6.298	10	11

	l. s.	s.	p.
(à 5 p. °/o 1/2 de 6.298 10 11)	314	18	»
Intérêts de 550liv. pour signaux à 5 pour °/o	27	10	»
	1.291	4	6

NOTE 6.

(a) Les données d'après lesquelles on a évalué la force des machines locomotives sont les suivantes :

Chemins de fer de Darlington. La pente moyenne est $^1/_{246}$, mais l'inclinaison n'est pas régulière, sur quelques parties elle s'élève à $^1/_{100}$, et sur d'autres points elle est nulle. Les machines ont à surmonter la résistance de vingt chariots chargés sur les parties de niveau, et de vingt chariots vides sur les rampes de $^1/_{100}$, la vitesse étant de 4mil. à l'heure.

Poids de vingt chariots chargés. . 80ton.
Machine et train d'approvisionnement 12

92ton.

$\frac{92^{ton.}}{200} = 1030^{liv.}$, résistance maximum à 4 milles par heure, et $\frac{1030 \times 4}{10} = 412^{liv.}$ = résistance avec une vitesse de 10mil.

Avec vingt chariots vides la charge est de. . . . . 25ton.
Machines et train d'approvisionnement 12

37ton.

$\frac{37^{ton.}}{200} = 414^{liv.}$ = le frottement $\frac{37^{ton.}}{100}$ = 828liv. composante de la pesanteur; on a donc 1.242liv. pour la résistance maximum avec une vitesse de 4 milles à l'heure, et $\frac{1242 \times 4}{10} = 497^{liv.}$, pour la résistance maximum avec une vitesse de 10 milles.

Chemin de fer de Springwell. L'inclinaison varie de $^1/_{180}$ à $^1/_{80}$ et s'élève moyennement à $^1/_{222}$. Une machine traîne un convoi de dix-huit chariots pesant 22ton. 1/2 ou 33ton., y compris la machine, avec une vitesse moyenne de 6 milles à l'heure.

Résistance moye. { Pesanteur . . 606liv. / Frottement. . 370 }

976

$976 \times {^6/_{10}} = 582^{liv.}\ ^1/_2$ = la résistance pour une vitesse de 10 milles à l'heure.

Résistance accidentelle sur les rampes de $^1/_{80}$.

Pesanteur . . . . 924liv.
Frottement 370

1.294

Ce qui équivaut à $1.294 \times {^6/_{10}} = 776^{liv.}$ lorsque la vitesse est de 10mil.

Chemin de fer de Bolton et Leigh. La Sorcière de Lancashire a remorqué 58ton. sur une rampe de $^1/_{432}$ avec une vitesse de 8mil.8 par heure, ce qui équivaut à 836liv. × 10mil. par heure.

Chemin de Liverpool. La machine *la Fusée* a traîné, en allant et en revenant, une charge brute de 37ton. 1/2 avec une vitesse de 13mil. à l'heure.

Une autre machine, employée à transporter de la marne, remorque ordinairement 70ton. (non compris son propre poids) avec une vitesse de 5mil. à l'heure.

De ces expériences on conclut qu'une machine locomotive est capable de transporter 20ton. de marchandises avec une vitesse de 12mil. à l'heure, travail qui exige une force de 497liv..

(b) Sur le chemin de Springwell les comptes fournis par M. John Wood pour les années 1827 et 1828 présentent les résultats suivans :

1827.	l.	s.	p.
Ouvrages de charronnage.	10	15	5
Ouvrages de forge	40	17	3
Comptes de divers marchands.	50	2	»
	101	14	8
A déduire la valeur d'anciens matériaux	9	19	$8\,^1/_2$
Dépense de deux machines.	91	15	$4\,^1/_2$

1828.	l.	s.	p.
Ouvrages de forge	22	15	»
Barres en fer malléable	27	8	3
Ouvrages de charronnage.	4	3	2
Dépenses comprenant les chariots, les soupapes, les pompes, etc.	31	17	$6\,^1/_2$
Dépense de deux machines.	86	3	$11\,^1/_2$

Chemin de Darlington. En 1829, les réparations annuelles de quatre machines du chemin de Darlington s'élevaient, d'après un compte fait avec soin par M. Hackworth, à . . . . $154^{l.\,s.}\ 8^{sh.}$
Barres pour la grille du foyer. 24 »

$178^{l.\,s.}\ 8^{sh.}$

Ce qui fait $50^{l.\,s.}$ environ par machine.

(c) *Charbon.*

Les expériences entreprises avec les machines de Killingworth, et détaillées dans la première édition de cet ouvrage, donnent les résultats suivans, par tonne et par mille de charbon :

Expérience	n°. 2.	$2^{liv.}$ 13
	n°. 3.	2 05
	n°. 5.	1 60

La machine de Darlington, avec un double tube, consomme $1^{liv.}60$.

La Sorcière du Lancashire a transporté en douze heures $1.031^{ton.}$ à 1 mille avec une dépense de $16^{quint.}$ de charbon, ce qui fait $1^{liv.}73$ par tonneau et par mille.

D'après ces expériences, la consommation peut être fixée à $1^{liv.}75$ par tonneau et par mille, ce qui fait, à raison de 1.800 tonneaux par jour, une consommation journalière de $3.150^{liv.}$, ou de $439^{ton.}$ pour 312 jours. Cette quantité de charbon représente une dépense de $128^{l.}\ 10^{sh.}$ à raison de $5^{sh.}\ 4^{p.}$ par tonne.

(d) MM. Stephenson et Locke pensent que les machines locomotives peuvent traîner sur l'ensemble de la ligne $20^{ton.}$ de marchandises à 12 milles par heure, et monter les plans inclinés avec une vitesse de $10^{mil.}$ et une charge de $8^{ton.}$ Les résistances respectives sur les parties de niveau et sur les plans seraient de $497^{liv.}$ et $656^{liv.}$

Ces évaluations sont confirmées par plusieurs expériences faites avec des machines que nous avons déjà citées. *La Fusée*, pesant seulement $4^{ton.}\ ^1/_2$, a remorqué sur ce plan $15^{ton.}25$, y compris son propre poids, avec une vitesse de 16 milles à l'heure. Dans une autre expérience, la même machine a remonté le plan avec une vitesse de $12^{mil.}\ ^1/_2$ à l'heure, et avec une charge totale de $20^{ton.}6$.

Si nous considérons une machine munie de deux cylindres de $10^{po.}$ de diamètre et dont les pistons parcourent $180^{pi.}$ par minute en subissant une pression effective de $25^{liv.}$ par pouce carré, nous trouvons que le travail de la machine a pour mesure $157 \times 25^{liv.} \times 180^{pi.} = 706.500^{liv.} \times 1^{pi.}$. Divisant par $880^{pi.}$ (880 pieds par minute équivalent à $10^{mil.}$ à l'heure), on voit que la résistance que la machine peut surmonter s'élève à $803^{liv.}$. Cette valeur excède de $147^{liv.}$ la résistance de $8^{ton.}$ de marchandises remorqués sur un plan dont l'inclinaison est de $^1/_{96}$.

(e) *Dépense annuelle des stations pour l'approvisionnement d'eau.*

	l. s.	sh.	p.
Intérêt et moins value d'un capital de $500^{l.\,s.}$ à $7\,^1/_2$ p. °/₀.	37	10	0
Réparat. annuelles, graisse, etc.	5	0	0
Charbon pour chaque station, 100 tonneaux à $4^{sh.}\ 6^{p.}$	22	10	0
Gardien	39	0	0
	104	0	0

NOTE 7.

(a) La force des machines pour les relais de $1^{mil.}\ ^1/_2$ peut être réglée comme il suit :

Frottement de 52 tonn. à raison de $^1/_{200}$ de la charge	$582^{liv.}$
Frottement de $1^{mil.}\ ^1/_2$ de corde de $4^{po.}\ ^1/_{2}$ pesant $6.888^{liv.} = ^1/_{12}$ du poids (1)	574
	$1.156^{liv.}$

(1) La méthode que nous avons adoptée pour déterminer ce frottement consistait à placer sur un plan incliné un nombre de chariots suffisant pour faire mouvoir avec une vitesse uniforme une corde d'une longueur déterminée. Il est évident que la composante du poids de la corde et des chariots devait être égale à leur frottement.

EXPÉRIENCE Ire. — Trois chariots, pesant 72 quint.

Or, la force d'un cheval à 12$^{mil.}$ par heure $= 150^{liv.} \times \frac{2,5}{12} = 31^{liv.}$ et $1156 : 31 = 37$. La force des machines serait donc de 37 chevaux, ou, en tenant compte de la force de réserve, de 40 chevaux pour une voie, ou de 80 chevaux pour deux voies.

(b) *Force des machines pour des relais d'un mille.*

Frottement pour 22 tonn . . .	582$^{liv.}$
Frottement de 1$^{mil.}$ de corde . .	382
	964

Nous remarquerons que ces machines ne doivent pas traîner les marchandises avec une vitesse plus grande que 8$^{mil.}$ par heure, puisque le relais de 1$^{mil.}$ doit être parcouru dans le même temps que le relais de 1$^{mil.}$ 1/2. Or, la force d'un cheval, à 8$^{mil.}$ par heure, est de $150 \times \frac{2,5}{8} = 17^{liv.}$, ce qui donne pour la force de ces machines 20$^{chev.}$ 1/2, ou 24$^{chev.}$ pour chaque voie, en tenant compte de la force de réserve.

(c) La force des machines destinées à manœuvrer les deux plans inclinés peut être déterminée ainsi qu'il suit :

Gravité = 52$^{ton.}$: 96	1.213$^{liv.}$
Frottement = 52$^{ton.}$: 200 . .	582
Frottement de la corde de 5$^{po.}$ 1/2 de circonférence., 10.700$^{liv.}$: 12	891
Composante du poids de la corde, 10.700$^{liv.}$: 96	111
Total. . . .	2.797$^{liv.}$

2797$^{liv.}$: 31 (force d'un cheval à 12$^{mil.}$ par heure) = 90$^{chev.}$. Mais comme le poids des convois descendans aide la machine, on peut se contenter d'une force de 80 chevaux.

(d) La force de la machine placée au pied des plans inclinés sera de 50$^{chev.}$, y compris une force de 10 chevaux pour surmonter le frottement des cordes. La force supplémentaire au tunnel sera de 40 chevaux.

(e) *Capital pour frais d'établissement d'un relais de 1$^{mil.}$ 1/2 de longueur.*

Une machine de 80 chevaux. .	2.800$^{l.s.}$
Quatre treuils et attirails, les mécanismes et accessoires . . .	550
Bâtiment pour la machine et cheminée	650
Logement, réservoirs, etc. .	200
	4.200$^{l.s.}$

~~Et pour 17 stations à 4.200. 71.400~~

(f) *Dépenses pour les machines établies au bas des deux plans inclinés.*

Une machine de 48 chevaux à Rainhill	1.600$^{l.s.}$
Treuils à cordes	500
Bâtiment pour la machine et cheminée	600
Logement et réservoir . . .	180
	2.880$^{l.s.}$
Deux machines semblables au bas des plans inclinés . . .	5.760$^{l.s.}$

(g) Une machine de 24 chevaux à Manchester	960$^{l.s.}$
Treuils	250
Bâtiment pour la machine, etc.	500
Logement, réservoir, etc. . . .	180
	1.890

(h) *Frais annuels pour les machines fixes.*

Charbon pour une force to-

imprimèrent une vitesse uniforme de 1 mil. 1/2 par heure à une corde longue de 930 yards et pesant 3.397 liv. L'inclinaison du plan était de 1/33.

EXPÉRIENCE IIe. — Quatre chariots pesant 96 quint., conservèrent la même vitesse en traînant une corde de 1.370 yards pesant 5004 liv.

EXPÉRIENCE IIIe. — Cinq chariots, pesant six tonneaux, conservèrent une vitesse de 1 mil. 5/6 par heure, en traînant 1.810 yards de corde pesant 6.600 liv.

Il est facile de réduire ces chiffres en fractions du poids de la corde.

Ire EXPÉRIENCE. Gravité des chariots...	244 liv.,5
— Gravité de la corde...............	103
	347 5
— A déduire le frottem. des chariots...	39
Reste.....	308 liv., 5

ou 1/11 du poids de la corde.

IIe EXPÉRIENCE. Gravité des chariots...	326 liv.
— Gravité de la corde...............	152
	478
— A déduire le frottem. des chariots.	52
Reste.....	426 liv.

ou à peu près 1/12 du poids de la corde.

IIIe. EXPÉRIENCE. Gravité des chariots.	407 liv.,5
— Gravité de la corde...............	200
	607
— A déduire le frottement.........	65
Reste.....	542 liv. 1/2

ou environ 1/12 du poids de la corde comme précédemment.

	l.s.	sh.	p.
tale de 1572 chevaux, à raison de dix heures par jour pendant 312 jours, et de 17 liv. par force de cheval et par heure = 37.222 ton., qui, à 4 sh. 6 p., coûtent	8.374	19	0
Réparations des machines et de leurs mécanismes et accessoires, y compris les barres du foyer, les chaudières, le chanvre, l'huile, etc., à 1 l.s. par force de cheval et par an.	1.572	0	0
43 préposés aux machines, à 54 l.s. 12 sh.	2.347	16	0
21 aides, à 40 l.s.	840	0	0
42 préposés aux freins, à 40 l.s.	1.680	0	0
84 hommes pour suivre les convois (un homme pour chaque corde) à 40 l.s.	3.360	0	0
Poulies usées et cassées, à 8 l.s. par mille de double voie.	240	0	0
Huile pour les poulies, 2.100 gallons, à 2 sh. 6 p.	260	0	0
8 hommes employés à graisser les poulies, à 30 l.s. par an.	240	0	0
	18.917	5	0

(i) *Cordes.*

	l.s.	sh.	p.
108 milles de cordes de 4 po. 1/2 (1) de circonférence sur les relais de niveau, ce qui équivaut à 221 ton. 1/3, à 42 l.s. par tonne, déduction faite de la valeur des vieille cordes	9.296	0	0
6 milles de cordes d'avant, de 5 po. 1/2 de circonférence pour les plans inclinés, 19 tonnes 2 quintaux à 42 l.s.	802	4	0
6 milles de cordes d'arrière, de 3 po. 1/2 de circonférence pour les plans inclinés, 7 tonnes 17 quintaux à 42 l.s.	329	14	0
Conduits pour les cordes qui traversent les routes, 30 à 10 l.s.	300	0	0
	10.727	18	0

Usure des cordes.

	l.s.	sh.	p.
Intêret du capital 10.727 l.s. 18 sh, à 5 pour 100 par an.	536	7	10

Ces cordes seront plus promptement usées et plus souvent cassées sur les plans ascendans : mais comme d'un autre côté elles souffriront moins dans les descentes, nous calculerons sur 80 milles à 0 p. 10 par tonne et par mille (2); et

(1) M. Walker a supposé que chaque machine remorquerait 52 tonn. à l'aide d'une corde de 3 po. 1/2 de circonférence. Avant d'évaluer la dépense, il est nécessaire d'examiner si cette dimension est convenable. La résistance de 52 tonn. est de 582 liv. 1/2.

Or, sur le chemin de fer de Hetton, on emploie une corde de 5 pouces pour traîner 24 chariots vides, pesant chacun 28 quint. sur une rampe de 1 : 250.

On réservait dans le principe une corde de 3 po. 1/2; mais elle se rompait si souvent, qu'on fut obligé de la remplacer au bout de quatre mois. La valeur de la résistance est ici de :

3136 × 24 : 250 = 301 liv. gravité
3136 × 24 : 200 = 376 frottement.

Résistance totale........ 677 liv.

Sur un autre plan, qui est entièrement de niveau, on emploie une corde de 4 po. 1/2 de circonférence pour traîner le même nombre de chariots. Dans ce dernier cas, la résistance est de 3136 × 24 : 200 = 376 liv.

D'après la première expérience, la dimension nécessaire pour une charge de 52 tonn. sur un chemin de niveau serait de 4 po. 6, et d'après la dernière de 5 po. 6.

Nous n'avons pas eu égard ici au poids de la corde, parce que les longueurs des plans sont à peu près les mêmes.

Il est clair, d'après ce qui précède, que pour une ligne de chemin de fer semblable à celle de Liverpool à Manchester, une corde de 3 po. 1/2 est trop faible ; et que l'on doit employer au moins des cordes de 4 po. 1/2 de circonférence. Sur les plans inclinés, on ne devrait pas admettre de corde ayant moins de 5 po. 1/2 de circonférence.

(2) Sur le chemin de fer de Brunton et Shield, la dépense des cordes n'excède pas 1/10 d'un penny par tonneau et par mille ; mais la plus grande partie de ce chemin présente une inclinaison suffisante pour permettre aux convois de descendre, et lorsque le temps est favorable, le système de remorque n'est employé que sur un seul plan. Les données déduites de ce chemin de fer, ne sauraient donc s'appliquer à celui de Liverpool à Manchester qui est sensiblement de niveau.

M. Walker cite comme exemple, dans son rapport, une partie du chemin de fer de Hetton, qui est à peu près horizontale, et sur laquelle 301.800 tonn. parcourent une distance de 2 mil. 1/2 avec une dépense de corde de 780 l.s., ce qui équivaut environ à 0 p.13 par tonneau et par mille. Sur cette partie du chemin de Hetton, les plans son pres-

comme il y a 4.000ton. transportés chaque jour, cela équivaudra à 37.440.000 tonnes transportées à un mille, à raison de 0p. 10 . . . . . 15.600 0 0

·16.136 7 10

(k) *Cordes de rechange.*

	l.s.	s.	p.
108 milles de cordes de 4po. ½ de circonférence, c'est-à-dire 221ton. 1/3 à 51l.s. . . .	11.288	0	0
6 milles de cordes d'avant, pour la remonte des plans inclinés, c'est-à-dire 19ton. 8. à 51l.s.	974	2	0
6 milles de cordes d'arrière, pour la descente des plans inclinés, 7ton 17quint. à 51l.s.	400	7	0
Objets de rechange pour toutes les machines, à raison de 1l.s. par force de cheval.	1.573	0	0
Signaux aux stations, 22 à 25l.s.	550	0	0
	14.784	9	0
Intérêt de ce capital à raison de 5 pour 100.	739	4	5

NOTE 8.

Dépenses en cordes sur différens plans.

La lettre C indique les plans dont l'axe est courbe, la lettre D ceux dont l'axe est droit.

	DÉSIGNATION DES PLANS.		LONGUEUR.	RAMPE.	PENTE.	LONGUEUR de la corde.	CIRCONFÉRENCE de la corde.	NOMBRE de tonneaux remorqués par une corde.
			m.	m.		m.	m.	
1	Plan man. par une machine. . .	C.	807	46. 02	»	914	0. 18	121.743
2	*Id.*	D.	709	9. 14	»	742	0. 14	208.705
3	*Id.*	D.	709	35. 06	»	750	0. 18	156.527
4	*Id.*	C.	2314	»	19. 20	2379	0. 11	173.919
5	*Id.*	C.	1665	»	»	1738	0. 11	138.982
	Id. corde d'arrière du no 5.		»	»	»	1432	0. 10	173.919
6	*Id.*	D.	1705 764	20. 73 »	» 10. 06	1747	0. 14	109.768
7	*Id.*	D.	2010	12. 81	»	1098	0. 13	190.337
8	*Id.*	D.	1743	»	27. 14	1828	0. 11	221.904
9	*Id.*	C.	882 925	17. 53 »	» 10. 06	1006	0. 13	104.080
10	*Id.*	D.	1155	»	25.01	1372	0. 13	136.010
11	Plan automoteur.	C.	1191	»	39.80	1240	0. 14	347.787
12	*Id.*	C.	1119	»	36.72	1149	0. 14	347.787
13	*Id.*	C.	655	»	17.01	658	0. 12	307.943
14	*Id.*	D.	825	»	23.31	869	0. 14	331.463
15	*Id.*	C.	297	»	20.66	338	0. 16	195.966
16	*Id.*	D.	654	»	17.38	732	0. 13	186.201
17	*Id.*	C.	577	»	23.63	686	0. 14	170.865
18	*Id.*	D.	644	»	27.14	713	0. 11	128.093
19	*Id.*	D.	861	»	32.95	914	0 11	171.535

La charge brute, remorquée à la fois était : du no. 1 au no. 6, de 32ton. ; pour

que de niveau, et ils peuvent fornir ainsi de meilleures données que toutes les autres lignes. Cependant M. Walker ne s'est pas arrêté à ce résultat, puisqu'il a pris pour base de ses évaluations une dépense de 0p.08 par tonne et par mille.

Toutefois, comme les courbes qui existent sur la ligne de Hetton peuvent jusqu'à un certain point, augmenter l'usure des cordes, nous admettrons que sur le chemin de Liverpool la dépense ne doit s'élever qu'à 0p.10 par tonne et par mille.

les n°s. 7 et 8, de 48$^{ton.}$; du n°. 9 à 15, de 32$^{ton.}$; n°s. 16 et 17, 24$^{ton.}$; n°s. 18 et 19, de 16$^{ton.}$. Les chariots vides au retour formaient à peu près $^{1}/_{3}$ de la charge brute. Dans les n°s. 7, 8, 9, 10, 16, 17, 18 et 19, le transport annuel n'était que le tiers environ du transport effectué sur les autres plans.

CHAPITRE IX.

COMPARAISON ENTRE LES CANAUX ET LES CHEMINS DE FER.

L'UTILITÉ relative des canaux et des chemins de fer est une question qui a été longtemps controversée, et dont on ne peut obtenir la solution qu'en évaluant exactement le travail utile des différens genres de moteurs employés sur ces deux voies de communication. Nous présenterons dans ce chapitre quelques considérations à ce sujet.

N'ayant pas eu l'occasion de déterminer par nous-même les charges qu'un cheval peut traîner sur un canal, nous serons obligé de prendre pour bases de nos évaluations les résultats fournis par les ingénieurs qui ont pu recueillir sur ce point des données certaines. M. R. Stephenson, dans son rapport sur le chemin de fer d'Edimbourg, annonce que, sur les canaux d'Angleterre, un bateau chargé de 30$^{ton.}$ (30$^{ton.}$46) est ordinairement traîné par un cheval, et manœuvré par deux hommes et un garçon. Or, sur un chemin de fer horizontal, on peut admettre qu'un bon cheval conduit par une personne traîne 8$^{ton.}$ (8$^{ton.}$12), en sorte que le travail effectué sur un chemin de fer par un homme et un cheval est le tiers environ du travail effectué sur un canal par un cheval et trois personnes. M. Stephenson suppose, dans d'autres calculs, qu'un cheval peut traîner 10$^{ton.}$ (10$^{ton.}$15) sur un chemin de fer bien construit.

M. Sylvester, dans son rapport sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester, prend un poids de 20$^{ton.}$ (20$^{ton.}$31) pour mesure de la charge d'un cheval de halage, marchant avec une vitesse de 2$^{mil.}$ (3218$^{m.}$) à l'heure. La différence entre les deux résultats précédens provient sans doute de ce que les observations ont été faites sur des canaux de différentes sections. M. Stephenson annonce, dans un autre rapport, qu'il a cherché à apprécier exactement la différence entre le travail utile des chevaux sur un canal étroit et sur un canal plus large. Il a fait à ce sujet quelques expériences au moyen d'un dynamomètre, et il a reconnu que cette différence était d'un cinquième au moins à l'avantage du canal à grande section.

M. Bevan a bien voulu nous communiquer quelques résultats sur la force de traction des chevaux de halage, pour des charges et des vitesses différentes. La résistance était mesurée à l'aide d'un dynamomètre à ressort attaché à la corde de halage. La longueur du bateau était de 69^{pi}.5 (21^{m}.18), et sa largeur de 6^{pi}.92 (2^{m}.11). La section transversale du canal n'a pu être déterminée exactement, mais elle était de 90 à 100$^{pi.ca.}$ (8$^{m.ca}$.36 à 9$^{m.ca}$.28) : la partie immergée du bateau était de 19$^{pi.ca.}$ (1$^{m.c.}$76) environ, c'est-à-dire $^{1}/_{5}$ de la section du canal. La force nécessaire pour traîner ce bateau, chargé de 23$^{ton.}$77 (24$^{ton.}$14), avec une vitesse moyenne de 2$^{mil.}$45 (3942$^{m.}$) par heure, a été, d'après le résultat moyen de 54 expériences, de 79$^{liv.}$5 (56$^{k.}$04). M. Bevan remarque qu'avec cette charge un cheval parcourait généralement 26$^{mil.}$ $^{1}/_{2}$ (42.647$^{m.}$) en un jour.

Le même ingénieur nous a également communiqué le résultat des expériences suivantes, faites sur le grand canal de jonction, à Paddington. La section transversale du canal est de 142$^{pi.c.}$ (13$^{m.c.}$18), et celle du bateau chargé de 17$^{pi.c.}$2 (1$^{m.c.}$60). Un poids de 72$^{liv.}$ (32.65), agissant par l'intermédiaire d'une poulie, a traîné le bateau vide avec une vitesse de 3$^{mil.}$45 (5.552$^{m.}$) par heure; un poids de 77$^{liv.}$ (34$^{k.}$92), agissant d'une manière semblable, a imprimé au bateau une vitesse de 2$^{mil.}$5 (4032$^{m.}$), sa charge étant de 21$^{ton.}$ (21$^{ton.}$32); enfin, toutes choses égales d'ailleurs, il a fallu employer un poids de 308$^{liv.}$ (139$^{k.}$64) pour obtenir une vitesse moyenne de 5$^{mil.}$83 (6597$^{m.}$) par heure.

La longueur de la corde de halage, ajoute M. Bevan, était environ de 98$^{pi.}$ (29^{m}.87), et la distance moyenne entre le bateau et le chemin de halage de 20$^{pi.}$ (6^{m}.09). Si l'on remarque que la section de cette partie du canal est plus grande que sa section moyenne, on conclura de l'expérience précédente, que

pour obtenir avec un bateau chargé une vitesse de 4mil. (6437m.) à l'heure, il est nécessaire d'employer quatre chevaux. Il faudrait, d'ailleurs, qu'une pareille vitesse fût compatible avec la conservation des berges, ce qui n'a pas lieu dans l'état actuel du canal.

M. Chapman (navigation sur les canaux), cite l'exemple d'un bateau large de 8pi. (2m.44) à son plat-fond, et de 10pi. (3m.05) à la flottaison, long de 50pi. (15m.24), chargé de 14ton. (14ton.22), et ayant 2pi.25 (0m.68) de tirant d'eau. Ce bateau remontait un courant dont la vitesse était de 5mil. 1/2 (8.852m.) par heure, à l'aide de 28 haleurs et de trois rameurs; et cependant il ne parcourait pas plus d'un quart de mille (403m.) par heure.

M. Smeaton estime qu'un cheval peut remorquer 22ton. (22ton.34) avec une vitesse de 2mil. à 2mil. 1/2 (3218m. à 4032m.) par heure.

M. James Walker a fait quelques expériences dans les doks de Londres, sur la résistance que présentent les bateaux à différens degrés de vitesse. Ces observations, dont les résultats ont été communiqués à la société royale au mois de mai 1827, fournissent des renseignemens très-utiles, et nous en avons présenté un résumé dans la note première (1). Il résulte, des expériences de M. Walker, que la résistance croît dans un plus grand rapport que le carré des vitesses. En effet, avec des vitesses de 2mil. 5294mil., 4mil.529, 3mil.871, les résistances observées ont été de 9liv.41, 42liv.59, 28liv.07; tandis qu'en calculant ces résistances d'après le carré des vitesses, et en prenant pour donnée le résultat de la première expérience, on trouve 9liv.41, 30liv.11, 22liv.07.

Plusieurs expériences plus récentes, faites sur le canal de Forth et de la Clyde, ont conduit, dit-on, à des résultats entièrement opposés, du moins lorsque la vitesse devient très-considérable. On annonce que, dans ce cas, la force de traction diminue, que le flot produit à l'avant du bateau disparaît, et que l'agitation de l'eau dans le canal devient beaucoup moindre. Nous avouons que les résultats de ces expériences nous paraissent encore bien problématiques; mais un fait aussi important, et auquel est attachée l'existence de tant de fortunes, ne peut rester long-temps douteux; on doit nécessairement ou le confirmer ou le réfuter par une série d'expériences irrécusables.

Quoi qu'il en soit, nous avons eu dernièrement l'occasion, dans un voyage à Édimbourg, de faire les observations suivantes: un bateau présentant la forme la plus propre à diminuer l'agitation de l'eau était employé pour le transport des voyageurs d'Édimbourg à Glasgow, par les canaux de l'Union, du Forth et de la Clyde. Le bateau était étroit et fort long, et parcourait 6mil.1/2 (10.186m.) par heure. Avec cette vitesse, il laissait derrière lui une onde si forte, qu'à l'un des ponts l'eau s'élevait contre un massif de maçonnerie, à 19p.1/2 (0m.50) au-dessus de son niveau ordinaire. Le bateau portait 60 passagers; il était traîné par trois chevaux que conduisait un enfant monté sur un ponet. La distance parcourue sur le canal de l'Union est de 31mil.1/2 (50.693m.); cette distance est partagée en six relais, et les mêmes chevaux servent pour le retour. On voit, d'après cela, que la force dépensée est égale à celle de trois chevaux parcourant 10mil.5 (16.898m.) par jour. Ces chevaux paraissaient très-fatigués par ce service, qui exigeait d'eux un effort continu. Au commencement de la gelée, c'est-à-dire dans le courant de décembre, les voyages ont été interrompus, et on ne devait, disait-on, les reprendre, qu'après avoir construit un bateau en fer d'une forme plus convenable.

En supposant que la charge utile du bateau que nous venons de citer fut de 5ton. (5ton.07), le travail journalier d'un cheval de halage, marchant avec une vitesse de 7mil. (11.265m.) à l'heure, aurait pour mesure un poids de $\frac{5\times10}{3} = 16^{\text{ton.}}66$ transportés à un mille; et si l'on admet qu'un cheval, marchant avec une vitesse de 2mil.1/2 (4.032m.) par heure, transporte 24ton. de marchandises à une distance de 20mil. (32.186m.) en un jour, les quantités de travail correspondantes à des vitesses de 2mil. et de 7mil. seraient comme 16.66 : 480. Mais on sait que les efforts exercés par le cheval, avec des vitesses de 2mil. 1/2 et de 7mil. sont comme 102 : 384, en sorte que les quantités de travail correspondantes sont réellement dans le rapport de $\frac{16.66\times384}{102}$: 384, c'est-à-dire de 62.5 : 480. Ce rapport serait égal à 62.5 : 490, si l'on supposait la résistance propor-

(1) Voir la note 1 à la fin du chapitre.

tionnelle au carré des vitesses. D'après les observations de MM. Bevan et Walker, la résistance aurait dû augmenter dans un rapport plus grand encore. Mais nous remarquerons que les observations de ces ingénieurs ont été faites sur un même bateau, tandis qu'il n'en a pas été ainsi dans l'exemple précédent, le bateau soumis à l'expérience présentant une forme plus propre à diminuer la résistance que celui dont on avait fait usage dans le cas d'une faible vitesse. En définitive, on peut admettre que, même en donnant à chaque bateau la forme la plus convenable pour le service auquel il est destiné, sa résistance est proportionnelle au moins au carré de la vitesse.

La table suivante indique le rapport entre le travail utile d'un cheval sur un chemin de fer et sur un canal, en considérant la valeur maximum de son travail journalier comme égale dans le premier cas à 160ton. × 1mil., et dans le second à 480ton. × 1mil..

TABLE XIII.

VITESSE par heure.	POIDS UTILE transporté à 20mil.	POIDS transporté à 1mil.	NOMBRE de chevaux nécessaires sur un canal.	NOMBRE de chevaux nécessaires sur un chemin de fer.	RAPPORT entre les effets utiles des chevaux sur un canal et sur un chemin de fer.
2mil. — 3218m.	24ton.37	487ton.50	1	3	1 : 0.33
3 — 4827	24 .37	487 .50	3.4	4.5	1 : 0.75
4 — 6437	24 .37	487 .50	8.2	6.3	1 : 1.3
5 — 8046	24 .37	487 .50	18	8 7	1 : 2.7
6 — 9655	24 .37	487 .50	31.8	10.6	1 : 3
7 —11265	24 .37	487 .50	53.6	13	1 : 4.1
8 —12874	24 .37	487 .50	85.6	16	1 : 5.3

On voit, par ce tableau, que, pour une vitesse de 2mil. par heure environ, le travail du cheval est trois fois plus considérable sur un canal que sur un chemin de fer. Mais comme la résistance sur le canal croît en raison du carré de la vitesse, tandis qu'elle reste même sur le chemin de fer, son travail utile devient égal dans les deux cas, dès que la vitesse s'élève à 3mil. 1/2 environ. A partir de cette limite, le cheval peut, avec le même effort, traîner sur un chemin de fer une charge beaucoup plus considérable que sur un canal, ainsi qu'on le voit dans la colonne 6 de la table précédente. Cette colonne indiquerait le rapport exact entre les frais de transport sur ces deux voies de communication, si les prix d'établissement et d'entretien, y compris le matériel d'exploitation, étaient égaux de part et d'autre. En général, les frais de construction et de réparation d'un canal sont plus élevés que ceux d'un chemin de fer, de telle sorte que ce dernier peut quelquefois offrir de l'économie, même pour les vitesses les plus favorables au canal. Cependant ces élémens de calcul dépendent, dans chaque cas particulier, de circonstances qu'il est impossible de prévoir; et nous devons ici nous contenter de présenter des données générales sur les avantages relatifs des canaux et des chemins de fer, en laissant à chacun le soin d'apprécier, dans les divers cas qu'il peut avoir à considérer, quel est celui de ces deux modes de communication qui mérite réellement la préférence.

La question se présente sous une nouvelle face lorsqu'un chemin de fer, desservi par des chevaux, doit entrer en concurrence avec un canal déjà existant. Souvent, en effet, un léger retard dans les expéditions est sans importance pour le commerce; on peut alors effectuer les transports avec la vitesse qui convient le mieux au cheval, c'est-à-dire avec une vitesse de 2mil. à 2mil. 1/2 par heure. Or, l'on sait que, dans ce cas, le travail utile des chevaux est trois fois plus considérable sur un canal que sur un chemin de fer, en sorte que les propriétaires du canal pourront, en réduisant leur prix de tonnage soutenir la concurrence avec avantage. Pour le transport des voyageurs, et en général pour tous les transports

qui exigent une vitesse de 4mill. au moins par heure, le chemin de fer reprend sa supériorité ; et d'ailleurs l'économie qu'il présente généralement dans les frais de construction et d'entretien peut contribuer à rétablir l'égalité. Cependant, à moins que cette différence de prix ne soit très-marquée, ou qu'il ne se rencontre quelque circonstance particulière dans la nature du mouvement commercial, il est difficile de décider, dans le cas que nous considérons, de quel côté doit pencher la balance.

Les chemins de fer ont l'avantage d'admettre dans leur tracé des pentes longitudinales, et permettent ainsi de suivre à peu près la ligne la plus courte. Pour les canaux, au contraire, il est nécessaire de conserver une horizontalité parfaite, ou du moins de n'établir les chutes qu'à des intervalles déterminés ; et cette disposition oblige souvent à adopter des directions beaucoup plus longues, et par conséquent plus dispendieuses. En outre, lorsque la majeure partie du mouvement commercial a lieu dans le même sens, la pente du chemin de fer facilite les transports et augmente le travail utile du moteur. C'est ainsi que dans la table V on voit que, sur une pente de 0m.004 par mètre, la charge brute traînée par un cheval s'élève à 28ton.44 (28ton.85), et que son travail se trouve augmenté dans le rapport de 28.44 : 12. Les canaux n'offrent jamais un semblable avantage, et les écluses qui servent à franchir les chutes diminuent plutôt qu'elles n'augmentent le travail du moteur.

Il nous reste actuellement à comparer les canaux aux chemins de fer, dans le cas où l'on emploie sur ces derniers les machines pour moteur. La table suivante indique le travail comparatif des chevaux de halage sur les canaux et des machines locomotives sur les chemins de fer. On a supposé que le canal était sans écluses et le chemin de fer horizontal ; on a admis d'ailleurs que la vitesse moyenne de la machine locomotive était de 15mil. par heure.

TABLE XIV.

Vitesse par heure.	Poids utile transporté à 20 mil. (32.186m.) en un jour.	Distance parcourue par un cheval en un jour.	Temps nécessaire pour parcourir une distance de 20mil. avec les vitesses de la colonne 1.	Nombre de chevaux nécessaires pour effectuer ce travail, d'après la table XIII.	Distance que peut parcourir une machine locomotive dans le temps indiqué à la colonne 4.	Rapport entre les distances parcourues dans le même temps et par les machines sur un chemin de fer, et par les chevaux sur un canal.	Rapport entre le travail utile des machines sur un chemin de fer, et des chevaux sur un canal.
mil. m.	ton.	m.	heures.		m.		
2½ — 4022	24.37	32.186	8	1	193 118	6 : 1	6 : 1
3 — 4827	24.37	32.186	6 ²/₃	3.4	160.931	5 : 1	17 : 1
4 — 6437	24.37	32.186	5	8.2	120.698	3.75 : 1	30 : 1
5 — 8046	24.37	32.186	4	18	96.559	3 : 1	54 : 1
6 — 9655	24.37	32.186	3 ¹/₃	31.8	80.446	2.5 : 1	80 : 1
7 — 11265	24.37	32.186	2 ⁶/₇	53.6	68.970	2.15 : 1	120 : 1
8 — 12874	24.37	32.186	2 ¹/₂	85.6	60.350	1.88 : 1	175 : 1

On voit dans cette table qu'une machine locomotive marchant avec une vitesse constante de 15mil. par heure, effectue en 8 heures le même travail que six chevaux halant un bateau avec une vitesse de 2mil.¹/₂. Or, cette dernière vitesse est celle à laquelle correspond le maximum d'effet utile du cheval ; d'où l'on doit conclure que tant que la dépense d'une locomotive n'excède pas celle de six chevaux y compris leurs conducteurs, les marchandises peuvent, pour le même prix, être transportées sur un chemin de fer, avec une vitesse de 15mil. à l'heure, et sur un canal avec une vitesse de 2mil.¹/₂.

Nous avons déjà dit que la valeur d'une machine locomotive équivaut en général à celle de quatre chevaux; nous remarquerons d'ailleurs que, sur un chemin de fer, il suffit d'un conducteur par cheval, tandis

que sur un canal il faut trois hommes pour conduire le cheval et le bateau, circonstance qui est encore à l'avantage du chemin de fer. Ainsi l'emploi de la vapeur permet d'obtenir un vitesse de $15^{mil.}$ à l'heure sur un chemin de fer, avec une moindre dépense qu'une vitesse de $2^{mil.}\ {}^1/_2$ sur un canal. Si l'on voulait atteindre, dans ce dernier cas, une vitesse de $3^{mil.}$, il faudrait employer 17 chevaux de halage pour effectuer le travail d'une seule machine locomotive, et 30 chevaux, si la vitesse s'élevait à $4^{mil.}$; ainsi *le Flibot* du canal de l'Union, chargé de 60 voyageurs, emploie 18 chevaux pour parcourir dans les deux sens un intervalle de $31^{mil.}\ {}^1/_2$. Sur le chemin de Liverpool à Manchester, la longueur est à peu près la même. Une machine fait deux voyages par jour, c'est-à-dire parcourt $120^{mil.}$ avec une charge de 120 personnes. On voit donc qu'une machine locomotive à moitié chargée effectue le même travail que $\frac{120 \times 2}{60} \times 18 = 72$ chevaux de halage, et cela avec une vitesse plus que double de celle du cheval.

La considération précédente prouvera suffisamment que les canaux manœuvrés par des chevaux ne sauraient lutter, pour le transport des voyageurs, avec les chemins de fer desservis par les machines locomotives. On remarquera d'ailleurs qu'en faisant abstraction de la pente, nous avons considéré le cas le plus favorable aux canaux. Car les écluses qui servent à racheter leurs chutes ne peuvent jamais être qu'une cause de retard, tandis que l'inclinaison des chemins de fer, lorsqu'elle se trouve dans le sens du principal mouvement commercial peut, comme nous l'avons déjà dit, augmenter le travail utile des moteurs.

Nous n'avons tenu compte jusqu'ici que des quantités de travail que peuvent effectuer les moteurs employés sur les canaux et sur les chemins de fer. Mais il serait nécessaire d'avoir égard aux frais de premier établissement et d'entretien qu'exigent ces deux voies de communication. Ici encore, la différence parait être en faveur des chemins de fer; et cette opinion semblera incontestable si l'on compare ensemble les droits de tonnage établis sur les chemins de fer et sur les canaux (1).

En résumé, nous pensons que les chemins de fer ont sur les canaux une supériorité incontestable, tant pour l'économie que pour la rapidité des transports. L'exemple du chemin de fer de Liverpool à Manchester semble avoir décidé la question. Sur cette ligne, où des difficultés locales, qui peut-être ne se représenteront jamais, ont exigé des dépenses énormes, le transport seul des voyageurs suffit pour assurer à la compagnie le prix de ses sacrifices. Si l'on considère d'ailleurs les perfectionnemens rapides que les chemins de fer ont subis dans un court espace de temps, et les progrès qu'ils font encore chaque jour, on ne saurait douter que cette invention ne soit appelée à jouer le plus grand rôle dans le système des communications intérieures.

NOTES DE L'AUTEUR.

NOTE 1.

Expériences détaillées par M. James Walker, dans un mémoire adressé à la Société royale.

Les expériences ont été faites au milieu du Dock des Indes orientales, dont la longueur est de $1410^{pi.}$ ($430^{m.}$), la largeur de $560^{pi.}$ ($170^{m}.70$), et la profondeur de $24^{pi.}$ ($7^{m}.30$).

Un dynamomètre à ressort, muni d'un cadran horizontal, était assujetti à l'avant du bateau; au crochet de ce dynamomètre était fixée une corde de ${}^3/_8{}^{po.}$ ($0^{m}.009$) de diamètre, dont l'autre extrémité était attachée à un cabestan de $3^{pi.}$ ($0^{m}.91$) de diamètre, fixé à terre. L'épreuve avait lieu sur une longueur de 176 yards ($160^{m}.94$) seulement; mais afin d'obtenir une vitesse uniforme, on faisait parcourir au bateau une distance double, et l'on ne tenait compte que des 176 yards compris au milieu de sa course. Les hommes qui faisaient tourner le cabestan réglaient leur marche d'après les oscillations d'un pendule placé sous leurs yeux.

Les expériences de la table A ont été faites avec un bateau bien construit et chargé de $2^{ton.}\ 2^{quint.}$ ($2^{ton.}132$), non compris l'équipage. La longueur de ce bateau était de $18^{pi.}6^{po.}$ ($5^{m}.64$), sa largeur de $6^{pi.}$ ($1^{m}.83$), et son tirant d'eau de $2^{pi.}$ ($0^{m}.61$); sa profondeur totale était de $3^{pi.}$ ($0^{m}.91$), et la plus grande section mouillée de $9^{pi.car.}$ ($0^{m.c.}84$).

Les expériences de la table B ont été fai-

(1) Voyez les notes 2 et 3 à la fin du chapitre.

tes avec le même bateau, chargé de $2^{ton.}$ ($2^{ton.}03$) de lest.

Dans les expériences de la table C, on s'est servi d'un bateau de $28^{pi.}$ ($8^{m.}53$) de longueur; mais comme il était plus léger et plus exposé à l'action du vent que le bateau précédemment décrit, celui-ci a été préféré pour les expériences.

NUMÉROS des expériences.	TEMPS employé à parcourir une distance de 176 yards. ($160^{m}.94$).	VITESSE par heure. mil.	kilom.	RÉSISTANCE indiquée par le dynamomètre. kil.	RÉSISTANCE donnée par le calcul.	OBSERVATIONS.
TABLE A.						
1	124	2.903 =	4.672	7.13	6.80	
2	85	4.235	6.815	17.91	14.50	On a pris pour base du calcul le résultat de l'expérience 5.
3	146	2.465	3.965	4.53	5.93	
4	140	2.571	4.136	4.98	5.34	
5	145	2.483	3.994	4.98	4.98	
6	140	2.571	4.136	5.44	5.34	
7	120	3.000	4.827	6.34	7.27	
8	120	3.000	4.827	6.34	7.27	
TABLE B.						
1	79	4.557 =	7.332	20.33	17.50	
2	80	4.500	7.242	18.34	17.06	
3	93	3.871	6.228	12.72	12.62	
4	94	3.830	6.163	12.35	12.35	On a pris pour donnée l'expérience 4.
5	78	4.165	6.702	22.36	17.95	
6	141	2.553	4.108	4.55	5.48	
7	142	2.535	4.080	4.30	5.40	
8	142	2.535	4.080	4.40	5.40	
9	142	2.535	4.080	4.58	5.40	
10	143	2.517	4.050	4.18	5.33	
TABLE C.						
1	162	2.222 =	3.575	5.93	5.93	On a pris pour donnée l'expérience 1.
2	187	1.925	3.097	4.98	4.45	
3	89	4.045	6.509	21.41	19.63	
4	87	4.138	6.657	22.42	20.54	
5	137	2.609	4.197	8.20	8.16	

La résistance moyenne des nos 7, 8, 10 de la table B est de $9^{liv.}41$ ($4^{kil.}26$), et la vitesse correspondante de $2^{mil.}529$ ($4^{kilom.}068$). La résistance moyenne des nos 1 et 2 est de $42^{liv.}59$ ($19^{kil.}31$), et la vitesse de $4^{mil.}529$ ($7^{kilom.}287$). La résistance, calculée d'après le carré des vitesses, serait de $38^{l.}11$ ($17^{l.}28$) au lieu de $42^{liv.}59$ ($19^{kil.}30$). En comparant les expériences nos 7, 8 et 9 avec le no 3, où la vitesse s'élève à $3^{mil.}871$ ($6^{kilom.}228$), on trouve par le calcul, que la résistance devrait être de $22^{liv.}04$ ($10^{kil.}$), au lieu de $28^{liv.}07$ ($12^{kil.}70$).

On a fait aussi quelques expériences avec un petit bateau de la Tamise, sur une distance de 80 yards ($73^{m}.15$); la vitesse moyenne de quatre expériences a été de 106 yards par minute, ou de $3^{mil.}60$ ($5^{kilom.}739$) par heure; et la résistance de $10^{liv.}4$ ($6^{k.}35$). Dans quatre autres expériences, la vitesse a

été de 160 yards par minute, ou de 5mil.5 par heure (8k.851), et la résistance de 29liv. (13kil.15); tandis qu'en la calculant d'après le résultat des quatre expériences précédentes, elle n'aurait dû être que de 24liv.27 (11kil.00).

M. Walker pense que le peu de différence que l'on remarque entre la résistance du grand bateau et celle des deux autres, est dûe à la forme de l'avant, qui produisait un moindre remous.

NOTE 2.

On a souvent combattu l'opinion que nous avançons ici, en rappelant les dépenses considérables du chemin de fer de Liverpool; mais pour quiconque a vu cette route, il est évident que la ligne de Liverpool à Manchester offrait des difficultés vraiment extraordinaires, et qu'on ne saurait la citer comme exemple.

Nous présentons ici, d'après M. Booth, trésorier de la compagnie, l'état des dépenses au 31 mai 1830.

Relevé général des dépenses au 31 *mai* 1830.

	l. s.	sh.	p.
Annonces.	322	1	4
Fabrication de briques.	9.724	4	4
Ponts.	99.065	11	9
Frais de direction.	1.911	0	0
Frais de clôture.	10.202	16	5
Chariots.	461	6	3
Marais de Chat.	27.716	11	10
Déblais et remblais, y compris le transport.	199.763	8	0
Terrains et bâtimens pour bureaux, dépôts, magasins, etc., à la station de Liverpool.	35.538	0	0
Idem, à la station de Manchester.	6.159	0	0
Idem, du côté de la galerie, pour la station de Crown-Street.	2.485	0	0
Éclairage au gaz, y compris l'achat des tuyaux du gazomètre.	1.046	0	0
Machines, diligences, etc.	10.991	11	0
Construction de la chaussée.	20.568	15	5
Rails en fer.	67.912	0	2
Intérêt.	3.629	16	7
Achat de terrain.	95.305	8	8
Bureaux d'administration.	4.929	8	5
Frais pour les actes du parlement.	28.465	6	11
Dés en pierre et traverses.	20.520	14	5
Frais de surveillance.	19.829	8	7
Frais de voyage.	1.423	1	5
Tunnel.	34.791	4	9
Indemnité du tunnel.	9.977	5	7
Chariots.	24.185	5	7
Dépenses diverses pour bois, fers, déboursés, etc., non compris dans les articles précédens.	2.227	17	3
	739.165	5	0

Les directeurs, dans leur rapport daté du 25 mars dernier, estimaient que la dépense totale, y compris les magasins, machines et voitures, s'éleverait à 820.000l.s., savoir :

	l. s.	sh.	p.
Dépenses comme ci-dessus.	739.165	5	0
Pour établir divers murs de soutènement et achever la chaussée	6.750	0	0
Achèvement des ponts, y compris celui de l'Irwell, à 6.000l.s., et des parapets du pont de la Sankey, à 1.400l.s.; indemnités pour les emplacemens des ponts	9.500	0	0
Machines, chariots, mécanismes, en vertu de marchés passés	17.000	0	0
Achèvement des stations, quais, magasins, etc.	25.000	0	0
Clôtures sur différens points	3.000	0	0
Dépenses imprévues	12.084	15	0
Engagemens souscrits pour la même époque	75.000	0	0
	820.000	0	0

Nous tirons de l'ouvrage de M. Booth les détails suivans sur les objets de dépenses que nous venons d'indiquer.

Fabrication de briques. La majeure partie des briques ont été employées pour la construction des magasins et bureaux de Manchester, et aussi pour terminer les ponts aux deux extrémités de la ligne.

Ponts. Nous donnons dans la table jointe à cette note la description des divers ponts qui ont été construits sur toute la ligne. La

plupart d'entre eux reposent sur un terrain solide, excepté le pont de Sankey et quelques autres de moindre importance. Au pont de Sankey on a été obligé de battre sous les piles des pieux distans de 2pi. (0m.61) d'axe en axe, c'est-à-dire 200 pilots sous chaque piédroit. Ces pieux, dont la longueur varie de 20 à 30pi. (6m.09 à 9m.14), sont recouverts d'une double plate-forme de 4po. (0.10) et de 6po. (0.15) d'épaisseur. La hauteur des remblais, qui est de 60pi. (18m.29) environ de chaque côté du pont, a exigé la construction de murs en aile très-épais. Leur largeur à la base est de 12pi. (3m.65) environ.

Marais de Chat. Dans cet article on comprend les travaux de terrassement depuis le pont de Bury-Lane jusqu'au pont de Legh, sur le côté oriental du marais, et sur une longueur de 4mil.75 (7k.644). Les remblais dans cet endroit consistent en 277.000yards cub. (211.766m.cub.), pour lesquels on a employé environ 677.000y. cub. (517.568m.cub.) de terre marécageuse; la différence de ces deux volumes tient à la quantité considérable d'eau que l'on a chassée par la pression pour donner au sol une consistance suffisante. La dépense dans cet endroit a été cependant moindre que la dépense moyenne sur le reste de la ligne.

Comme le marais de Chat est un des points les plus intéressans de toute la ligne du chemin de fer, il ne sera pas inutile de donner quelques détails sur le mode de construction de la route dans sa traversée. Ce marais, qui présente une étendue de 12mil.car. (3.106hect.) environ, est tellement mou et spongieux, que les troupeaux ne peuvent s'y hasarder, et qu'une barre de fer s'y enfonce par son propre poids. Sa profondeur varie de 10 à 35pi. (3m.05 à 10m.67). Le chemin de fer devait le traverser sur une longueur de 4mil. 1/2, et il fallait quelque courage pour envisager sans crainte une semblable entreprise. La route étant établie dans les marais tantôt en remblai tantôt en déblai, et quelquefois aussi au niveau du sol naturel, nous avons à considérer successivement ces trois cas.

1o. *Remblais.* Outre le marais de Chat, la route traverse un marécage beaucoup moins étendu, et présente à chaque extrémité de ce passage un déblai considérable. Les matériaux provenant de ces déblais ont été employés pour établir dans la traversée du marais un remblai de 4pi. (1m.22) de hauteur. La profondeur du marécage était de 20pi. (6m.09) environ; et à mesure que l'on ajoutait de nouveaux matériaux, la masse entière s'affaissait. Lorsque le remblai fut terminé, bien que sa hauteur n'excédât pas 4 à 5pi., on trouva qu'il avait été employé une quantité de matériaux suffisante pour former sur un terrain solide une levée de 24 à 24pi. (7m.30 à 7m.61). Il eût été impossible d'établir la route sur le marais de Chat avec de semblables matériaux, c'est-à-dire avec de l'argile et du sable; ce travail en eût exigé une énorme quantité, et par suite eût occasioné une dépense excessive. M. Stephenson tira du marais lui-même les matériaux nécessaires pour former la chaussée, et comme ces matériaux ne présentaient qu'une faible pesanteur spécifique, ils s'enfoncèrent moins que ne l'aurait fait un terrain composé d'argile et de sable. Le sol, dans son état naturel, ne pouvait être convenablement employé; mais on ouvrit des tranchées distantes de 15pi. (4m.26), qui desséchèrent tout l'espace compris entre elles, et rendirent le terrain très-propre à servir de remblai. On employa pour la construction de la route environ quatre fois plus de matériaux que sur un terrain solide, mais en définitive, la chaussée sur ce point est en aussi bon état que sur tout le reste de la ligne.

2o. *Déblais.* Pour établir la route en déblai on creusa de chaque côté de la ligne du chemin de fer un fossé de 18po. à 2pi. (0m.45 à 0m.50) de profondeur. Lorsque ces fossés d'écoulement eurent desséché le sol sur une hauteur de 1pi. (0m.30) environ, on creusa l'emplacement de la route jusqu'à cette profondeur; et c'est ainsi qu'en desséchant et déblayant successivement le terrain, on atteignit la profondeur convenable. La chaussée fut ensuite établie à la manière ordinaire.

3o. *Construction de la route au niveau du terrain.* On commença par creuser des fossés de chaque côté de la route, avec des rigoles latérales pour l'écoulement des eaux; on parvint ainsi à consolider en partie la surface du marais. On plaça alors transversalement des clayonnages de 9pi. de long (2m.74) sur 4pi. de large (1m.22) réunis avec des branches d'osier. Dans certains endroits, une seule couche fut suffisante; mais sur les points où le marais était très-mou on en établit deux. Au-dessus de ce clayonnage on plaça une couche de gravier

de 2pi. (0m.61) d'épaisseur ; puis enfin on établit les rails sur des pièces de bois transversales. Cet ensemble de construction étant parfaitement assemblé et formant une masse solide, le marais, malgré sa nature spongieuse, soutient sans peine une plate-forme aussi étendue, et l'excès de pression dû au passage des convois est négligeable rélativement au poids de la masse totale du remblai. L'expérience a prouvé en effet, depuis l'ouverture du chemin de fer, que dans toute l'étendue du marais la chaussée est parfaitement solide. Avant de quitter ce sujet, il est nécessaire de remarquer que la surface du marais est plus élevée que les terrains qui la bordent.

Déblais et remblais. Ce chapitre renferme les terrassemens de toute la route, à l'exception du marais de Chat. Les déblais surpassent un peu les remblais ; l'excédant a été déposé principalement le long de la grande tranchée de Kenyon. Les excavations consistent environ en 722.000y.cub. (551.970m.cub.) de rocher et d'argile (y compris quelques déblais effectués à Eccles pour terminer et solidifier le remblais de Barton), et en 2.006.000y.cu. (1,533.595m.cub.) de marne, de terre et de sable. Cette masse a été transportée à différentes distances, depuis quelques yards jusqu'à 3 et 4mil. ; une partie considérable de ces déblais a été extraite d'une profondeur de 30 à 50pieds. (9m.14 à 15m.24) à l'aide de machines. Une certaine quantité a été déposée sur les terrains environnans, comme à Kenyon ; le reste a été transporté pour former les remblais les moins éloignés, comme à la tranchée du Mont-Olive. Le prix des terrains achetés pour servir de lieux de dépôt à ces déblais surabondans forme une partie de la dépense portée dans cet article. Ce chapitre comprend aussi une bonne partie de la maçonnerie solide et épaisse exécutée dans les tranchées profondes.

Les déblais les plus considérables sont :

La tranchée de Edge-Hill, située à l'extrémité de la galerie. Sa largeur est de 63pi. (19m.20) et sa hauteur de 40 à 50pi. (22m.19 à 15m.24) ; le prix moyen des déblais par yard cube (0m.cub.764), est de 1 sh. 6 p. ; la nature du terrain est du grès rouge.

Excavation du Mont-Olive, pratiquée sur 2mil. (3.218m.) de longueur environ, dans un terrain de marne ; sa plus grande profondeur est de 70pi. (21m.33) ; les déblais coûtent de 1 à 2sh. par yard cube.

Rainhill et Sutton. Déblais de marne et terre argileuse coûtant de 8p. à 1sh. le yard cube.

Tranchée de Kenyon. Sa plus grande hauteur est de 42pi. (12m.80), et le cube des déblais de 800.000y.cub. (611,200m.cub.) de marne, gravier et sable. Le prix varie de 8p. à 1sh. par yard cube. 115.529y.cub. ont été employés en déblais du côté de l'est, et 152.874 du côté de l'ouest ; les 258.122y.cub. restant ont été relevés dans des lieux de dépôt.

Tranchée d'Eccles, près de Manchester, contenant 332.767y.cub. (254.400m.cub.) de marne ; le prix est de 10p. à 1sh. par yard cube.

Les remblais sont :

Le Broad-Green, dont la longueur est de 2mil. (3.218m.), la plus grande hauteur de 45pi. (13m.72) et qui contient 480.000y.cub. (366.960m.cub.) de déblais provenant de la tranchée du Mont-Olive.

Remblais aux abords du pont de Sankey. 60p. (18m.29) de hauteur environ.

Vallée de Newton, 42pi. (12m.80) de profondeur, près du pont.

Remblais de Barton, conten. 332.393y.cub. (254.100m.cub.), qui provenaient des déblais d'Eccles.

Construction de la chaussée. Cet ouvrage consiste à placer au dessous des dés un lit de pierres cassées et de sable de 1pi. (0m.30) d'épaisseur. Un autre lit de la même épaisseur est régalé entre ces mêmes dés, et sert à les maintenir solidement en place. On a compris dans cet article les dépenses faites pour clouer les coussinets en fer aux dés ou aux traverses, pour fixer les rails aux coussinets à l'aide de clefs en fer et pour ajuster l'ensemble du chemin

Rails en fer. Cette dépense comprend les articles suivans : rails pour une double voie de Liverpool à Manchester, avec des lignes de communication et des embranchemens dirigés vers différens dépôts, formant environ 35mil. (56kilom.325) de double voie ;

	l. s.	sh.	p.
3.847ton. au prix moyen de 12 l. s. 10 sh. par tonne . .	48.000	0	0
Coussinets en fonte ; 1.428t., au prix moyen de 10l. s. 10s. .	15.000	0	0
Achat de clous et de clefs pour fixer les coussinets aux dés et les rails aux coussinets.	3.830	0	0
Achat de chevilles en chêne pour les dés.	615	0	0
Frais de transports, etc. .	467	0	0
	67.912	0	0

Terrains. Cet article est une des plus fortes dépenses. Le prix des terres dans le voisinage des grandes villes est généralement élevé; et la dépense a été de beaucoup augmentée par des réclamations nombreuses en indemnités, qui prenaient leur source dans le préjugé existant, il y a quelques années, contre les chemins à rails, et surtout contre ce qui leur donne maintenant leur principale valeur, les machines locomotives. Il s'est opéré un grand changement sous ce rapport. A la fin de 1828, la dépense de ce chapitre s'élevait à environ 102.000l. s.; mais une partie de cette somme, ayant été dépensée pour les dépôts, a été reportée au chapitre des mouvemens de marchandises.

Dés en pierres et traverses en bois. Sur les 31mil. de rails, 18mil. environ reposent sur des dés en pierre et 13 sur traverses en bois de chêne ou de sapin; dans cette dernière catégorie se trouvent particulièrement les parties remblayées et les passages des deux marais. Une quantité considérable de ces pièces a été détruite dans le cours des travaux, comme on devait s'y attendre.

Bureaux de l'administration. Sous ce titre sont compris les traitemens du trésorier et des commis, le loyer des bureaux, les frais de papier, d'impression, etc., depuis décembre 1824.

Bureaux des ingénieurs. Ce titre comprend les frais de nivellement de plans, etc., à l'appui des deux pétitions présentées au parlement en 1825 et 1826, ainsi que les salaires de l'ingénieur et des principaux aides, frais de papier, etc., depuis le commencement de l'entreprise.

Frais de voyage. Sous ce titre figurent les dépenses des voyages et missions à Londres, à Darlington, à New-Castle, etc., depuis 1824, ainsi que les frais de tournées d'inspection sur la ligne du chemin de fer pendant le cours des travaux.

Indemnités pour la galerie. Ce chapitre se compose des indemnités pour dommage réel ou supposé, payées aux personnes sous les propriétés desquelles est creusée la galerie. Il comprend en outre la perte éprouvée sur la revente de plusieurs maisons et terrains que la compagnie avait été forcée d'acheter. Il y a un crédit ouvert à ce chapitre pour biens revendus d'environ 2.500l. s..

L'article qui précède comprend les frais d'établissement des tunnels. La longueur totale de la galerie principale est de 2.250y. (2.057m.35), sa largeur de 22pi. (6m.70) et son élévation de 16pi. (4m.88); les piédroits sont verticaux, et leur hauteur est de 5pi. (1m.53), la voûte qui les surmonte est un demi-cercle de 11pi. (3m.35) de rayon. La galerie est percée dans des couches de diverses natures, de roche rouge, d'argile bleue et de glaise; mais les principales couches sont formées de roches de diverses espèces et de différens degrés de dureté, depuis le grès le plus friable jusqu'à la pierre la plus compacte et la plus difficile à extraire ou à tailler. On a construit une voûte artificielle en maçonnerie de briques partout où la roche menaçait de ne pouvoir supporter les masses supérieures. La hauteur, depuis le plafond de la galerie jusqu'à la surface extérieure du terrain, varie de 5 à 70pi. (1m.52 à 21m.33); le souterrain est blanchi à la chaux et éclairé au gaz dans toute son étendue, il se termine par une vaste tranchée de 40pi. (12m.65) de hauteur. Cette tranchée sert de point de départ à une seconde galerie de 290y. (265m.16) de long, de 15pi. (4m.58) de large, et de 21pi. (3m.65) de hauteur. Ce souterrain est parallèle à la galerie principale, mais sa pente est en sens inverse; il aboutit à la partie supérieure de la ville, où est la principale station des diligences du chemin de fer.

Chariots. Cette dépense a principalement pour objet les chariots employés dans le cours des travaux. On ouvrira à ce compte un crédit qui se composera, 1o du prix de vente des chariots qui ne pourront pas être appropriés aux besoins futurs du chemin de fer; 2o de la valeur des autres chariots qui sera rapportée à l'article des mouvemens de marchandises, suivant leur prix d'estimation.

	NOMS DES PONTS à partir DE LIVERPOOL.	Nombre des arches.	BIAIS ou DROIT.	Ouverture des arches biais mesurée dans le plan des murs de tête.	MATÉRIAUX employés à la construction des arches.
1	Pont de Park	1	Droit.	»	Maç. en moel., voûte en br., parem. en p. de t.
2	— d'Old Lane	1	*id.*	»	Briques.
3	— de Wright	1	*id.*	»	*id.*
4	— de Rathbone's Lane	1	Biais.	11m 58	Maç. en moel., voûte en br., parem. en p. de t.
5	— de Sandown	1	Droit.	»	Moellon.
6	Arche de Mill Lane	1	Biais.	7 76	Br. (cul. en roche).
7	Pont de Wavertree Nook	1	*id.*	11 58	Moel. (cul. en roche).
8	— d'Ainsworth	1	Droit.	»	Moellon.
9	— de Case, n° 1	1	*id.*	»	*id.*
10	*Idem.* n° 2	1	*id.*	»	*id.*
11	— de Childwall Lane	1	*id.*	»	Voûte en br., ang. en p.
12	— de Pilch Lane	1	*id.*	»	*id.*
13	— de Jameson	1	*id.*	»	*id.*
14	— de lord Derby	1	*id.*	»	*id.*
15	— de Baron	1	*id.*	»	*id.*
16	— de Ball	1	*id.*	»	*id.*
17	— de Huyton Hey	1	*id.*	»	*id.*
18	— de Scel	1	*id.*	»	Blocailles, angl. en m.
19	— de Lee, n° 1	1	*id.*	»	Voûte en br., ang. en m.
20	*Idem.* n° 2	1	*id.*	»	*id.*
21	— de Whiston, n° 1	1	*id.*	»	*id.*
22	*Idem.* n° 2	»	Biais.	14 32	Maç. en moel., voûte en br., parem. en p. de t.
23	— de service de Makin	1	N. ach.	»	Charp. sur piles en p.
24	— de Cumber Lane	1	Droit.	»	Moellon.
25	— de Store Lane	1	*id.*	»	Charp. sur piles en pierre.
26	— de Spring Lane	1	*id.*	»	Maç. en moel., voûte en br., parem. en p. de t.
27	— de Rainhill	1	Biais.	16 46	Moellon.
28	Galerie de Bourne	1	*id.*	4 26	Moellon en blocaille.
29	Pont de Marshall's Cross	1	Droit.	»	Moellon.
30	— de Sutton	1	*id.*	»	*id.*
31	— de Sankey	9	*id.*	»	Maç. en br., angl. et parapets en p. de t.
32	Arche de Legh's Cattle	1	*id.*	»	Briques.
33	Pont de Sandy Main	1	Biais.	4 72	*id.*
34	— de Newton	4	Droit.	»	Maç. en br., parem. en pierre de taille.
35	— de Parkside	1	Biais.	9 90	Briques.
36	— de Lockingstump Lane	1	Droit.	»	Briques.
37	Galerie de Kenyon	1	*id.*	»	*id.*
38	Pont d'Hardman	1	*id.*	»	*id.*
39	— de Newton	1	*id.*	»	*id.*
40	— de Broseley	1	*id.*	»	*id.*
41	— de Withington	1	*id.*	»	*id.*
42	— de Duckingfield	1	*id.*	»	*id.*
43	— de Bury Lane	1	*id.*	»	Maç. en br., angle en pierre de taille.
44	— de Glazebrook	1	*id.*	»	Maç. en b., angl. et piles en pierre de taille.
45	— de Hodgkinson's Cattle	1	*id.*	»	Briques.
46	— du marais de Chat	1	*id.*	»	Briques et charpente.
47	Arche de Legh Brick	1	*id.*	»	Briques.
48	Gr. aquéduc du ruiss. de Worsley	1	*id.*	»	*id.*
49	Pont de Trafford	1	*id.*	»	*id.*
50	— de Sandy Lane	1	*id.*	»	Maç. en br., angl. en pierre de taille.
51	— de Winton Skew	1	Biais.	9 44	Maç. en br., piles en pierre de taille.
52	— du Canal du Duc	2	Droit.	»	Moellon appareillé.
53	— de Monk Hall	1	*id.*	»	Br. (cul. en r. rouge).
54	— d'Eccles	1	Biais et droit.	10 36	Maç. en br., angl. en p. de t. (cul. en r.).
55	Barrage du moulin de Whitaker	»	»	»	Briques et moellon.
56	Pont de service de Stothard	1	Droit.	»	Briques.
57	— de Gore Booth	1	*id.*	»	*id.*
58	— de Cross Lane	1	Biais.	9 22	Maç. en br., angl. de l'arche en p. de t.
59	— de Jones, n° 1	1	*id.*	9 25	Briques.
60	*Idem.* n° 2	1	*id.*	9 22	*id.*
61	*Idem.* n° 3	1	*id.*	9 22	Mac. en br., angl. en pierre de taille.
62	Pont d'Olfield Lane	1	*id.*	10 05	*id.*
63	— d'Irwill	2	*id.*	19 81	Moellon.
			Divers aqueducs, passerelles et indemnités aux abords des ponts		

Nos des ponts.	CHEMIN DE FER passant au-dessous ou au-dessus de la route ordinaire.	LARGEUR du chemin supérieur entre les parapets.	LARGEUR du passage inférieur au-dessous de l'arche.	HAUTEUR de l'arche à la clef.	PENTE DE LA ROUTE ORDINAIRE. Au-dessus du chemin de fer.	Au-dessous du chemin de fer.	NOMBRE DE MÈTRES DONT LA ROUTE ORDINAIRE A ÉTÉ Élevée.	Abaissée.	PRIX. l. s. sh. pen.
1	Au-dessous.	8m·53	9m·14	8m·15	De niv.	»	»	»	741 5 9
2	id.	3 65	9 14	5 48	id.	»	»	Non ach.	156 10 0
3	id.	4 57	9 14	5 48	id.	»	»	»	184 5 6
4	id.	7 15	9 14	7 37	id.	»	»	Non ach.	973 14 2
5	id.	4 77	1 21	12 34	id.	»	»	»	765 13 1
6	id.	18 29	7 60	10 66	id.	»	0.91	»	91 3 11
7	id.	6 9	11 42	5 48	1 sur 20	»	»	»	274 9 4
8	Au-dessus.	10 50	3 65	4 11	»	De niv.	»	»	418 5 10
9	id.	10 50	3 65	4 87	»	id.	»	»	418 0 2
10	id.	10 50	3 65	4 87	»	id.	»	»	493 0 3
11	id.	20 26	4 26	4 87	»	id.	»	»	346 12 1
12	id.	10 50	4 87	4 87	»	1 sur 30	»	1.67	270 1 0
13	id.	10 50	3 65	5 48	»	De niv.	»	»	202 7 0
14	id.	10 50	3 65	6 9	»	id.	»	»	241 16 1
15	id.	10 50	3 65	4 26	»	id.	»	»	240 9 11
16	id.	10 50	3 65	5 80	»	id.	»	»	204 5 5
17	id.	10 50	3 65	3 76	»	id.	»	»	302 3 2
18	id.	10 50	3 65	4 27	»	1 sur 30	»	0.45	215 0 3
19	id.	10 50	3 65	4 52	»	De niv.	»	»	215 8 10
20	id.	10 50	3 65	6 35	»	id.	»	»	282 0 9
21	Au-dessous.	14 47	6 70	5 48	1 sur 13	»	4.27	»	960 5 0
22	id.	7 30	9 14	5 48	1 sur 20	»	4.57	»	1,174 0 1
23	»	»	9 14	»	»	»	»	»	74 15 2
24	Au-dessous.	4 87	9 14	5 48	1 sur 20	»	3.36	»	536 13 0
25	id.	2 74	13 72	5 48	De niv.	»	»	»	193 15 3
26	id.	4 87	9 14	5 48	1 sur 30	»	2.44	»	418 19 8
27	id.	9 14	9 14	5 48	1 sur 26	»	3.66	»	3,735 6 7
28	Au-dessus.	31 69	2 13	2 13	»	»	»	»	165 5 9
29	Au-dessous.	7 30	9 14	5 48	1 sur 20	»	1.52	»	864 13 10
30	id.	8 6	9 14	7 1	De niv.	»	»	»	470 8 9
31	Au-dessus.	7 60	1 52	18 28	»	»	»	»	45,208 18 6
32	id.	»	3 65	1 83	»	»	»	»	257 18 5
33	id.	10 66	3 65	4 77	»	»	»	»	429 0 1
34	id.	7 60	9 14	8 22	»	»	»	»	5,340 12 5
35	Au-dessous.	6 9	9 14	5 63	1 sur 18	»	1.83	»	316 19 6
36	id.	6 9	9 14	5 48	De niv.	»	»	»	491 14 9
37	id.	»	9 14	5 78	id.	»	»	»	1,703 19 1
38	id.	3 61	9 14	6 09	1 sur 9	»	»	1.06	434 7 9
39	id.	3 61	9 14	5 48	1 sur 12	»	2.13	»	369 12 2
40	id.	6 9	9 14	5 48	1 sur 18	»	2.13	»	663 4 10
41	Au-dessus.	10 66	3 65	4 26	»	De niv.	»	»	419 15 4
42	id.	10 66	3 65	4 26	»	id.	»	»	623 10 3
43	id.	10 66	4 87	4 87	»	1 sur 20	»	0.91	621 1 7
44	Au-dess. du ruiss.	10 66	9 14	9 14	»	»	»	»	1,758 8 6
45	Au-dessus.	10 66	2 74	3 5	»	»	»	Non ach.	13 9 0
46	id.	7 62	3 65	3 96	»	»	»	»	466 19 6
47	id.	7 62	4 87	4 87	»	De niv.	»	»	513 9 6
48	Au-dess. du ruiss.	38 8	3 96	3 96	»	»	»	»	1,598 5 8
49	Au-dessus.	21 3	3 65	3 96	»	De niv.	»	»	589 6 0
50	id.	7 62	4 87	6 40	»	id.	»	»	1,098 18 4
51	id.	7 62	6 70	6 9	»	id.	»	»	1,725 10 5
52	id.	7 62	7 62	3 65	»	id.	»	»	1,158 8 11
53	Au-dessous.	10 96	9 14	5 48	1 sur 18	»	1.83	»	453 19 11
54	id.	14 63	9 14	5 48	1 sur 24	»	1.83	»	954 0 1
55	»	»	»	»	»	»	»	»	631 10 2
56	id.	3 61	9 14	4 87	1 sur 14	»	1.52	Non ach.	31 19 0
57	id.	5 69	9 14	5 48	1 sur 18	»	1.52	»	417 13 7
58	id.	14 63	9 14	5 48	1 sur 30	»	1.83	»	801 12 3
59	id.	12 80	9 14	5 48	1 sur 20	»	1.83	Non ach.	
60	id.	12 80	9 14	5 48	»	»	1.83	id.	559 14 5
61	id.	14 63	9 14	5 48	1 sur 20	»	1.83	id.	[illegible]
62	id.	14 63	9 14	5 48	1 sur 13	»	2.13	»	988 15 11
63	Au-dess. de la riv.	16 15	19 20	9 14	»	»	»	»	8,795 4 4
									4,296 16 0
	Au-dessus de l'eau.					TOTAL			99,065 11 9

Note 3.

Prix de transport sur le chemin de fer de Stockton et Darlington, ouvert le 1er août 1830.

1. Pour le charbon et le fraisil destinés à la consommation particulière, et transportés sur la ligne principale ou sur des embranchemens. . par tonne, par mille. p. 2 1/4
2. Charbons placés à bord d'un vaisseau dans le port de Stockton sur Tees, pour être livrés à Hartlepool ou Saltburn . . . 1 1/2
3. Chaux ou pierre mise à bord d'un vaisseau dans le port de Stockton sur Tees, pour être livrés à Hartlepool ou Saltburn . . . 1
4. Pierres et graviers destinés à la confection ou l'entretien des chemins publics ou particuliers, et transportés sur la ligne principale ou sur des embranchemens 1 1/2
5. Marne, sable, argile, fumier, etc. 1
6. Chaux 1 3/4
7. Moellons bruts, pierre de taille, briques, tuiles. 1 1/2
8. Ardoises, plomb en saumons ou en feuilles, bois, farine, grains, paille et foin, fer en barres ou en saumon, bâtons et planches, transportés sur la ligne principale ou sur les embranchemens. 1 1/2
9. Marchandises, denrées non spécifiées plus haut 2 1/2
10. Charbon placé à bord d'un bateau ou vaisseau, chaux, pierre, marchandises ou denrées quelconques chargées ou déchargées à un dépôt quelconque, hangar, embarcadère, port, magasin, ou lieu de débarquement appartenant à la compagnie. . . . 1
11. Charbons et fraisils qui seront embarqués sur un vaisseau à Stockton ou près de ce port, pour l'exportation ou pour le service de la navigation. 1/2
12. Chaux et pierres qui seront embarquées sur un vaisseau dans le port de Stockton sur Tees, pour l'exportation. 1
13. Charbons et fraisils qui seront placés à bord d'un vaisseau à Middlesbrough ou près de ce port, pour être exportés. . . 1 1/2
14. Les charbons et fraisils, pour leur passage sur la branche du chemin de fer de Middlesbrough, payeront en sus. 1
15. Charbon, chaux, fraisils et pierres qui passeront ou seront transportés sur le pont suspendu du Tees 2
16. Pour tous les articles indiqués plus haut, qui parcourront les plans inclinés mus par des machines fixes 6
17. Pour tous les articles qui se rendront sur l'un des plans inclinés mus par des machines fixes et qui n'auront pas monté un de ces plans. 2
18. Tout chariot ou voiture employé pour le transport des voyageurs sur la ligne principale ou sur les embranchemens 3
19. Pour les mêmes, le dimanche. . 6

POST-SCRIPTUM.

M. Perdonnet a bien voulu nous communiquer les résultats de quelques expériences faites récemment par M. Wood, sur des rails en fer forgé, dans le but de déterminer la rigidité comparative des rails ondulés et prismatiques.

Les rails employés dans les expériences avaient à peu près 15pi. (5m.57) de longueur, et étaient posés sur des traverses en bois. Les coussinets étaient boulonnés sur ces traverses, et les rails fixés dans les oussinets à la manière ordinaire.

Les poids étaient généralement appliqués au milieu de la longueur du rail. Pour déterminer la flexion, on se servait d'une barre de fer inflexible, dont les extrémités, terminées par deux tiges verticales, étaient placées immédiatement au-dessus des supports. La flexion était mesurée à l'aide d'une vis dont le pas avait 1/17 de pouce de hauteur, et d'un cercle gradué indiquant 1/64 du pas de la vis, c'est-à-dire 1/1088 de pouce (0m.00002334).

Dans la table no. 1, la première colonne

indique les poids appliqués sur les rails ; la seconde, la flexion mesurée à 1po. 17/32 (0m.039), du milieu de l'espace compris entre les deux supports, et la 3e colonne, la flexion mesurée à la distance de 6po. 15/32 (0m.164).

Les supports étant distans de 36po. 15/16 (0m.937), la flexion dans le premier cas était comptée à la distance de 15po. 05/06 (0m.430) du premier, et de 20po. (0m.508) du second, et dans le dernier cas, à 12po. (0m.304) de l'un des supports, et à 24po. 15/32 (0m.633) de l'autre.

Dans les colonnes 4 et 5, les supports étaient éloignés de 6pi. 0p. 5/8 (1m.98). Ainsi pour les rails ondulés, les poids se trouvaient appliqués immédiatement au-dessus du point où devait être placé le dé intermédiaire. Dans les colonnes 6 et 7, la distance entre les supports était de 3pi. 9p. 3/16 (1m.15), et le rail présentait inférieurement une forme demi-elliptique comme dans les colonnes 2 et 3.

Les autres expériences de cette table s'expliquent d'elles-mêmes.

Nous devons observer toutefois que dans les tables 1 et 2 le rail était fixé aux cinq supports. Dans la table 3, au contraire, les deux dés intermédiaires étaient seuls boulonnés, et les autres coussinets étaient enlevés. Le rapprochement de ces expériences permet d'apprécier l'excès de force que l'on obtient en augmentant le nombre des supports pour un même rail.

Nous devons encore remarquer que toutes ces expériences sur les rails ondulés ont été faites avec le modèle qui est l'objet de la patente prise par M. Losh (fig. 10, pl. II).

Ce rail porte à chaque point de support une saillie qui pénètre dans une cavité du coussinet ; l'inventeur a cherché, au moyen de cette disposition, à donner au rail une plus grande rigidité.

N. Wood.

Killingworth, 28 octobre 1833.

TABLE I.

POIDS appliqués entre les supports.	Rail ondulé.—Longueur 15pi. 9po. 3/4 (4m.82). — Poids 262liv. (118kil.78) ou 49liv.2 par yard (24kil.6 par mètre).						Rail ondulé, poids 40l.6 par yard (20kil. 1 par minute).	
	Supports espacés de 0m.937.		Supports espacés de 1m.98.		Supports espacés de 1m.15.		Supports espacés de 0m.924.	
	Flexion mesurée à une distance du centre égale à		Flexion mesurée à une distance du centre égale à		Flexion mesurée à une distance du centre égale à		Flexion mesurée à une distance du centre égale à	
	0m.039	0m.164	0m.030	0m.171	0m.039	0m.190	0m.048	0m.155
kil.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
1015	0.000046	0.000047	0 000397	0.000397	0.000116	0.000093	0.000093	0.000070
1726	0.000093	0.000093	0.001004	0.000887	0.000210	0.000187	0.000187	0.000163
2437	0.000140	0.000117	0.001471	0.001401	0.000350	0.000327	0.000327	0.000257
3148	0.000210	0.000163	0.002078	0.001891	0.000490	0.000443	0.000467	0.000397
3860	0.000280	0.000257	0.002615	0.002194	0.000677	0.000583	0.000607	0.000537
4570	0.000373	0.000327	0.002825	0.002568	0.000817	0.000723	0.000724	0.000653
5281	0.000443	0.000373	0.003641	0.003362	0.000980	0.000840	0.000865	0.000723
5992	0.000514	0.000443	»	»	0.001121	0.000957	0.001027	0.000887
6703	0.000584	0.000490	»	»	0.001307	0.001074	0.001190	0.001062
7414	0.000654	0.000537	»	»	0.001471	0.001261	0.001354	0.001167
8125	0.000747	0.000630	»	»	0.001611	0.001424	0 001541	0.001224
8836	0.000817	0.000677	»	»	0.001774	0.001587	0.001681	0.001424
9547	0.000864	0.000700	»	»	»	»	»	»
10257	0.000957	0.000770	»	»	»	»	»	»
10967	0.001027	0.000817	»	»	»	»	»	»
11680	0.001121	0.000840	»	»	»	»	»	»
Flexion permanente.								

TABLE II.

Rail prismatique.—Longueur 15pi. 10po. $^1/_8$ (4m.85)—Poids 256liv. (116kil.08) ou 48 liv. 47 par yard (23 kil. 9 par mètre).

POIDS appliqués entre les deux supports.	Supports espacés de 0m.938.		Supports espacés de 1m.84.		Supports espacés de 1m.15.	
	Flexion mesurée à une distance du centre égale à		Flexion mesurée à une distance du centre égale à		Flexion mesurée à une distance du centre égale à	
	0m.039.	0m.164.	0m.030.	0m.171.	0m.039.	0m.190.
kil.	m.	m.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
1015	0.000070	0.000700	0.000327	0.000327	0.000187	0.000140
1726	0.000187	0.000140	0.000934	0.000864	0.000373	0.000327
2437	0.000303	0.000203	0.001610	0.001564	0.000558	0.000490
3148	0.000420	0.000280	0 001961	0.001844	0.000747	0.000653
3860	0.000537	0.000373	0.002568	0.002428	0.000957	0.000747
4570	0.000653	0.000467	0.003035	0.003058	0.001027	0.000910
5281	0.000793	0.000537	0.003758	0.002502	0.001284	0.001050
5992	0.000887	0.000607	»	»	0.001401	0.001167
6703	0.001004	0.000700	»	»	0.001611	0.001354
7414	0.001097	0.000794	»	»	0.001821	0.001517
8125	0.001167	0.000840	»	»	0.002031	0.001681
8836	0.001284	0.000957	»	»	0.002264	0.001868
Flex. perman.	»	»	0.00093	0.000070	0.000210	0.000187

TABLE III.

RAIL ONDULÉ.	**RAIL PRISTAMIQUE.**
N° 1. Longueur 15pi. 9po. 3/4 (4m.82).—Poids 262liv. (118kil.78) ou 49liv.2 par yard (24kil.6) par mètre. N° 2. Longueur 15pi. 3po. 1/8 (4m.68). — Poids 249liv. (112kil.91) ou 48liv.9 par yard (24kil.12) par mètre.	N° 1. Longueur 15pi. 10po. 1/8 (4m.85). —Poids 256liv. (116kil.08) ou 48liv.47 par yard (23kil.9 par mètre). N° 2. Longueur 16pi. 11po. (5m.25).— Poids 274liv. (124kil.23) ou 48liv.6 par yard (25kil.) par mètre.

POIDS appliqués entre les deux supports.	Supports espacés de 0m.918. 2 coussinets seulement étant boulonnés. Flexion mesurée à 0m.039 du centre. Rail n° 1.	Rail n° 2.		Supports espacés de 0m.918, 2 coussinets seulement étant boulonnés. Flexion mesurée à 0m.039 du centre. Rail n° 1.	Rail n° 2.	
kil.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
1015	0.000046	0.000070	0.000070	0.000093	0.000117	0.000117
1726	0.000140	0.000140	0.000140	0.000210	0.000280	0.000280
2437	0.000257	0.000233	0.000233	0.000327	0.000444	0.000444
3148	0.000350	0.000327	0.000303	0.000490	0.000630	0.000630
3860	0.000444	0.000420	0.000397	0.000654	0.000794	0.000747
4570	0.000537	0.000490	0.000490	0.000840	0.000957	0.000910
5281	0.000630	0.000584	0.000584	0.001004	0.001121	0 001097
5992	0.000724	0.000677	0.000677	0.001214	0.001331	0.001237
6703	0.000817	0.000794	0.000770	0.001564	0.001541	0.001400
7414	0.000887	0.000887	0.000864	0.001821	0.001844	0.001588
8125	0.000980	0.000980	0.000957	0.001984	0.002101	0.001844
8836	0.001074	0.001074	0.001056	0.002241	0.002381	0.002194
Flex. perman.	0.000047	0.000140	0.000070	0.000303	0.000654	0.000513

Le modèle de rail ondulé, proposé par M. Losh, paraît offrir une supériorité réelle sur les modèles ordinaires.

La lettre suivante, adressée à M. Losh par M. Nich. Wood, présente à ce sujet des considérations intéressantes.

Killingworth, 31 octobre 1832.

« Monsieur, vous m'avez demandé mon opinion sur le rail en fer laminé, pour lequel vous avez une patente. Je n'hésite pas à recommander ce modèle à l'attention sérieuse des personnes qui s'occupent de chemins de fer.

» En premier lieu, la saillie demi-circulaire fixée dans le coussinet donne plus de force aux rails. Des expériences faites sur ce point prouvent que leur rigidité, à égalité de charge, se trouve ainsi augmentée dans le rapport de 12 : 14.

» Mais ce n'est pas à cette propriété seulement que les nouveaux rails doivent leur supériorité sur les modèles ordinaires; le principe sur lequel doit être fondée la construction des rails, consiste à lui donner la plus grande surface d'appui dans le coussinet, et à permettre en même temps à ce dernier de se prêter aux mouvemens des dés, mouvemens qui ont toujours lieu à un degré plus ou moins grand sur tous les chemins de fer.

» Les coussinets ordinaires à base plane présentent, à égalité de largeur, à-peu-près la même surface d'appui que le nouveau modèle; mais lorsque les dés viennent à céder, ils présentent au rail un de leurs angles.

» La saillie circulaire, au contraire, offre toujours la même surface, même sur des remblais qui éprouvent des tassemens;

et, sous ce rapport, ce mode d'assemblage est très-supérieur au joint ordinaire.

» Ce système offre encore un autre avantage, qui est de la plus grande utilité sur les parties en remblais, ainsi que sur les plans inclinés. Dans le joint ordinaire, le frottement du rail contre le coin et le coussinet s'oppose seul à la séparation des extrémités des rails. Aussi remarque-t-on, dans la pratique, que le passage des chariots, l'action des machines locomotives et les mouvemens des dés, produisent dans les joints un jeu et une disjonction très-préjudiciable au bon état de la route. Les saillies, lorsqu'elles sont solidement fixées dans les coussinets, s'opposent à ce fâcheux effet; car les rails, pour peu qu'ils se séparent à leurs extrémités, doivent nécessairement s'élever dans le coussinet : or, ce mouvement même serre le coin plus fortement encore; en sorte que les extrémités des rails sont maintenues par une force qui augmente en même temps que celle qui tend à les séparer. Aussi ce genre d'assemblage me paraît-il supérieur à tous ceux que j'ai vus jusqu'ici.

» Je puis ajouter que j'ai eu, il y a peu de temps, l'occasion d'observer, dans une circonstance remarquable, le fait que j'annonce. Un remblai, établi sur un plan incliné, s'affaissa de 3 à 4 pieds (0m.91 à 1m. 22); et, malgré le passage journalier de trois à quatre cents tonnes de charbon, les rails ne furent jamais déplacés au point de faire sortir les chariots hors de la voie. On remit la route en bon état sans que les rails éprouvassent la moindre détérioration, et sans que les transports fussent interrompus un seul moment.

» Il est à peine nécessaire de dire que la parfaite continuité des joints économise beaucoup de main-d'œuvre pour l'entretien de la route, et diminue la détérioration des chariots et surtout des machines locomotives. N. Wood. »

Plusieurs ingénieurs, tels que MM. Thorman, Hunter, Buddle, Steppell, Embleton, Storey, etc., s'accordent à reconnaître la supériorité des rails de M. Losh sur les autres modèles. Les lettres écrites à ce sujet par les ingénieurs à M. Losh se trouvent à-peu-près résumées dans les observations suivantes, présentées par l'inventeur lui-même.

« M. Storey annonce que l'économie résultant de l'emploi des rails à joints saillans équivaut au travail d'un homme par mille. M. Buddle pense que cette économie doit s'élever à 1/3 ou 1/2 du prix des joints ordinaires à mi-épaisseur. La différence entre ces deux évaluations doit probablement être attribuée aux circonstances diverses dans lesquelles se trouvent les routes que ces ingénieurs ont observées. Ainsi M. Storey parle du chemin de Darlington à Stockton, où l'on emploie des machines locomotives très-lourdes, et où l'on transporte, outre les charbons, des marchandises et des voyageurs. Toutes ces circonstances exigent le plus grand soin et l'attention la plus soutenue dans l'entretien de la route. M. Buddle avait probablement en vue les chemins de Wallsen et Elswick, et le plan incliné du port de Seaham, qu'il a construits uniquement pour le transport des charbons, et sur lesquels on n'emploie pas de machines locomotives. Sur une pareille ligne, il n'est pas nécessaire d'apporter une attention aussi sérieuse au parfait état de la route. Au reste, quelle que soit l'économie que la forme particulière de ces rails apporte dans les frais d'entretien, il est naturel d'admettre que la durée de la route se trouve augmentée dans le même rapport.

M. Wood et M. Storey annoncent, qu'outre l'économie qu'il procure dans les frais de réparation, ce système diminue considérablement l'usure des voitures, des machines locomotives et des rails, ainsi que la détérioration des marchandises transportées sur le chemin de fer. M. Brandling confirme cette assertion; il annonce que, sur les plans inclinés de Middleton, les chariots chargés perdaient jadis une grande quantité de charbon; mais que, depuis l'adoption de ces rails, les chariots descendent sans secousses, et que l'on évite entièrement ces pertes.

MM. Embleton, Buddle, Storey, etc., nous ont exprimé par écrit une opinion très-favorable à notre système; leurs rapports se trouvent d'ailleurs confirmés par les témoignages de MM. Still, Wood, Crawhall, Jos. Crawhall et plusieurs autres ingénieurs qui emploient nos rails préférablement à tout autre modèle, bien que ces derniers soient offerts à un prix moins élevé.

M. Storey et M. Wood ont démontré, par des expériences faites sur une grande échelle, qu'en employant le rail patenté pour construire de nouvelles routes, même sur des

remblais en argile, on obtient une facilité dans le transport et une économie dans les frais d'entretien, qui n'ont été atteintes avec aucun autre système.

La personne employé par M. Wood, pour poser les rails sur une route nouvelle, trouva qu'elle pouvait laisser des remblais s'affaisser de 1pi. (0m. 30) avant de rectifier l'axe longitudinal de la route, et cela sans qu'il en résultât aucune interruption dans le passage, aucune altération ou flexion permanente dans les rails, enfin sans que cet affaissement momentané affectât en rien l'assemblage des rails avec les coussinets. Cette personne, fort expérimentée dans la pose des rails, déclare qu'avec tout autre modèle elle n'aurait pu se dispenser de relever immédiatement la route. Elle présenta ces observations devant M. Brandling, et lui prouva, en appliquant sur les rails une règle droite, que dans les points où le remblai présentait un semblable affaissement, le rail ne fléchissait pas seulement à son joint, mais qu'il se pliait suivant une courbe régulière.

M. G. Stephenson, lorsqu'il fit son essai sur les rails à Walker, admit que le rail patenté était supérieur à tous ceux qui étaient alors en usage. Après avoir été témoin de ces expériences, M. S. nous annonça que, dans son opinion, cette forme de rail devait réduire de plus de moitié la dépense d'entretien, et diminuer dans un rapport plus grand encore les frais de réparation des machines locomotives et des chariots.

Cette observation vient à l'appui de l'opinion de M. Storey, qui pense que toute augmentation de dépense première tendant à employer un système de rail plus parfait, ne peut manquer d'être couverte en un petit nombre d'années par la diminution des frais d'entretien, et qu'en définitive il doit en résulter pour les actionnaires un bénéfice notable.

M. Stephenson, en adoptant pour le chemin de fer de Liverpool à Manchester les rails terminés carrément, a voulu, m'a-t-il dit, éviter les défauts que présentaient les joints à mi-épaisseur, tels qu'ils avaient été exécutés jusqu'alors. M. Buddle avait trouvé les mêmes imperfections dans ce genre d'assemblage, et les premiers rails que je fabriquai pour lui, d'après mon nouveau système, furent sur sa demande, terminés carrément. Pour faire disparaître les inconvéniens signalés avec raison par M. Buddle, j'ai adopté la disposition que j'emploie actuellement, et qui consiste à aplatir et à courber l'extrémité des rails, de manière à conserver dans le point de jonction la même masse de fer que dans tout le reste de leur étendue. On a soin d'ailleurs, après avoir ainsi préparé le rail, de le forger dans un moule, afin de rendre l'assemblage anssi exact que possible. Si l'on n'adoptait pas ce procédé, les chariots éprouveraient, en passant sur un joint à mi-épaisseur, un choc plus fort que sur des rails assemblés carrément bout à bout.

Quelques personnes ont pensé qu'il conviendrait de nommer des inspecteurs pour surveiller dans les manufactures la confection des rails; mais, malgré toute la surveillance possible, on ne pourrait empêcher d'introduire dans les tas du fer d'une qualité inférieure. Avec des rails prismatiques et des rails ondulés construits à la manière ordinaire, il ne serait possible de reconnaître la fraude qu'après avoir soumis la route à une longue épreuve. Je suis convaincu que, dans certaine manufacture, on introduit au moins 4/5 de fer de mauvaise qualité dans les rails prismatiques, ce qui explique comment on peut les livrer à un si bas prix. Les rails du nouveau modèle, au contraire, ne sauraient être faits avec de mauvais fer, et nous pouvons garantir que l'on n'aura jamais à craindre, avec ces rails, la lamination, la rupture aux angles et tous les autres inconvéniens qui résultent de l'emploi du fer de mauvaise qualité.

Il est sans doute plusieurs autres formes de rails, qui sont recommandées par des ingénieurs distingués, et qui méritent de fixer l'attention. Cependant, si ces inventions n'ont pas pour elles la sanction de l'expérience, je pense qu'on ne doit les admettre qu'avec beaucoup de défiance; car on a vu bien souvent échouer dans la pratique les projets combinés par les hommes du plus grand mérite.

L'augmentation de force due à l'emploi des saillies circulaires s'élève, d'après les expériences de M. Wood, à 12 1/2 pour cent. Mais le plus grand avantage de ce système consiste peut-être à empêcher les rails de se mouvoir sur les coussinets dans le sens de leur longueur, et à prévenir ainsi l'effet appelé ordinairement mouvement d'extrémité (*end motion*). Ce mouvement ne tarde

pas à desserrer les coins et à produire des chocs qui détruisent en très-peu de temps les rails et les coussinets. M. Brandling observa cet effet à Killingworth sur des rails qui n'avaient servi que peu d'années. Les joints étaient presque entièrement détruits et tout-à-fait hors de service. M. Buddle, en m'annonçant qu'aucun mode d'assemblage n'avait pu prévenir ce mouvement et ses fâcheux effets, me pria de chercher quelque système pour y remédier. Le témoignage de cet ingénieur et ceux de MM. Thorman, Hipple, etc., prouvent que j'ai atteint ce but.

M. Storey observe que, dans les anciens systèmes, le jeu du rail ne tarde pas à polir les coins, et que les parties du rail et du coussinet, en contact avec ces pièces, perdent également leurs aspérités. De cette sorte, la force d'adhérence se trouve détruite, et le rail prismatique n'a pas plus de fixité que s'il était placé librement dans le coussinet. Le rail du nouveau modèle, au contraire ne peut jamais s'échapper du coussinet dans lequel il est fixé. « Je pense, ajoute M. Storey, que cette circonstance n'a pas été suffisamment appréciée, et qu'à défaut de théorie, la pratique du moins en fera ressortir toute l'importance. »

LÉGENDE.

La planche XIV représente la machine locomotive qui a été nouvellement construite pour le chemin de fer de la Loire, et dont MM. Mellet et Henri ont bien voulu nous communiquer le dessin.

Nous donnons ici la légende de cette machine :

AA'A'' Chaudières en tôle, recouvertes d'une enveloppe en bois; la portion comprise entre A'A'' est cylindrique, et traversée sur toute sa longueur par 101 tubes en cuivre, servant de conduits à la flamme. Ces tubes sont réunis à la chaudière au moyen de viroles en fer, rivées sur les fonds. La partie A contient le foyer, elle est en communication avec la chaudière A'A'' par le haut et les côtés. La capacité B est pour ainsi dire le commencement de la cheminée; cette capacité, dans laquelle se répand le calorique à la sortie des tubes, forme comme un récipient de chaleur. Les cylindres à vapeur placés dans sa partie inférieure ont aussi l'avantage de se trouver constamment à une température très-élevée; c'est sans doute à cette disposition que l'on doit l'absorption totale de la vapeur et de la fumée lorsque la machine fonctionne.

C Capacité en cuivre communiquant avec la chaudière, et contenant le conduit de prise de vapeur D.

D'D'' Conduits de la vapeur aux cylindres.

d Conduit de sortie de la vapeur.

EE Cylindres avec pistons métalliques.

F Bielles communiquant le mouvement des pistons aux roues.

G Manivelles.

H Axe portant les manivelles et les roues motrices.

I Excentriques imprimant le mouvement aux tiroirs.

Ces excentriques tournent libres sur l'axe H; pour qu'elles agissent, il les faut accrocher à l'un des colliers N, N', fixés sur cet axe. Quand on veut mettre la machine en mouvement ou modifier sa vitesse, ou bien la faire rétrograder, le mouvement des excentriques peut être neutralisé à volonté par le machiniste, au moyen des tringles et leviers KK'K'', qui les rendent indépendans du mécanisme des tiroirs. Dans ce cas le machiniste meut les tiroirs à la main au moyen des leviers et tringles LL'L'' qui y correspondent. Au besoin le jeu des excentriques est suspendu par l'effet de la pédale M, que le machiniste fait agir avec le pied. Les effets de cette pédale consistent : 1°. à tenir les excentriques accrochées au collier N, fixé sur l'arbre des roues, lorsque la machine se porte en avant; 2°. à faire tourner les excentriques sur leur arbre quand on veut qu'ils cessent d'introduire la vapeur dans les cylindres; 3°. à accrocher les excentriques au collier N' lorqu'on veut faire rétrograder la machine. Dans le premier cas la pédale est tenue en position au moyen du ressort O, les autres mouvemens s'obtiennent avec le pied, en appuyant plus ou moins fort sur la pédale.

P Pièces servant à consolider l'axe H.

Q Pompes alimentaires.

R Axe du mouvement des tiroirs.

S Roues portant la machine. Leurs rayons, qui sont en fer creux, ont été réunis au

moyeu et aux jantes à l'instant de la fonte.

T Cercles en fer forgé enveloppant les roues, et joignant leurs assemblages d'une manière invariable.

U Manivelles servant à réunir les quatre roues au moyen d'une bielle, lorsque la pesanteur de la charge à transporter rend insuffisante l'adhérence d'une seule paire de roues sur les rails.

V Robinets pour l'introduction de l'eau d'alimentation.

XX′ Soupapes de sûreté; la soupape X est tenue fermée au moyen d'un ressort à boudin contenu dans le tube S. Ce tube, qui sert de manomètre, porte une plaque graduée indiquant la tension de la vapeur dans la chaudière; cette tension est au plus de 3 atmosphères un tiers. La soupape X′ est pressée sur la chaudière au moyen de ressorts, le conduit qui l'enveloppe a pour but d'empêcher qu'on ne le surcharge.

Z Cheminée.

a Cadre en bois, recouvert en fer, portant la cheminée.

b Tirans en fer servant à résister aux chocs.

c Robinets pour indiquer la hauteur de l'eau dans la chaudière.

e Robinets pour vider la chaudière.

g Trou d'homme.

i Robinet pour purger d'air la pompe alimentaire.

j Levier du robinet de distribution de vapeur.

l Tube en verre indiquant la hauteur d'eau dans la chaudière.

LEÇONS FAITES

SUR LES

CHEMINS DE FER

A

L'ÉCOLE DES PONTS ET CHAUSSÉES

EN 1833 — 1834.

PREMIÈRE LEÇON.

Le but des chemins de fer ou railways est de diminuer la résistance qu'éprouve le roulage des voitures, de pouvoir effectuer les transports à meilleur marché et avec plus de vitesse.

On peut distinguer : 1° les chemins de fer provisoires pour les ateliers de construction : 2° les railways employés au transport des marchandises : 3° les chemins de fer destinés aux voyageurs. Le genre de construction et le tracé de ces trois espèces de chemins varient selon leur destination.

Les premiers étant d'un emploi momentané doivent être faciles à construire et à déplacer ; ce sont des barres de fer brut, telles que le commerce les fournit, supportées par des pièces de bois de 0m, 15 à 0m, 20 d'équarrissage : celles-ci sont placées tantôt bout à bout sous toute la longueur des barres (*canal de Bourgogne, travaux de Cherbourg, du Soccoa*, fig. 1 et 1 bis) ; tantôt de distance et en travers (*ateliers de Roanne, du pont-canal de l'Allier, de la Loire, du railway de Leeds à Selby*, fig. 2 et 3).

Dans le premier cas les barres sont en général de fer plat, fixées au bois par des clous ou des vis à tête noyée ; dans le second cas les barres sont, ou carrées et fixées de la même manière, ou plates et posées de champ dans des entailles où elles sont serrées par des coins de bois.

Deux lignes parallèles de ces barres, qui prennent alors le nom de Rails, forment une voie plus ou moins large.

Dimensions moyennes de quelques Rails de chemins de service.

NOMS DES ATELIERS.	DIMENSION DES BARRES. verticales.	horizont.	POIDS d'un chariot chargé.	DISTANCE moyenne des traverses.	OBSERVATIONS.
			k.	m.	
Pont-canal de Digoin.	0,060	0,016	4,000	1,00	
Pont-canal de l'Allier.	0,070	0,009	1,400	1,00	
Pont de Roanne. . . .	0,070	0,015	1,300	1,00	
Leeds et Selby.	0,030	0,030	2,500	1,10	
Soccoa.	0,012	0,030	2,800	. . . . . .	Rails sur longrines de 0,15 sur 0,15.
Cherbourg.	0,030	0,050	6,000	. . . . . .	Rails sur longrines de 0,20 sur 0,15.
Canal de Bourgogne. .	0,005	0,040	. . . . . .	. . . . . .	Rails sur longrines.

Railways pour marchandises.

Les railways destinés au transport des marchandises ont été exécutés principalement entre des mines ou des carrières et un lieu d'embarquement.

La construction de ces railways étant généralement semblable à celle des chemins destinés aux voyageurs, et n'en différant qu'en ce que ces derniers sont établis sur une plus grande échelle, ce que nous allons dire s'appliquera aux deux espèces de chemins : lorsqu'il y aura lieu de les distinguer nous en préviendrons.

Les rails des chemins de fer destinés aux marchandises ont été faits successivement en bois recouvert de fer, puis en fonte, puis en fer forgé.

Nous avons dit un mot des rails en bois et en fer.

Les rails en fonte ont eu d'abord la forme d'une ornière, ou simplement d'une feuillure dans laquelle passaient les roues.

Plate-rails.

Les Anglais les appelaient *Trame-road, Rail-road.* C'est ainsi qu'ont été exécutés beaucoup de chemins de fer d'Angleterre

qui existent encore aujourd'hui dans le même système.

Les rails des *trame-roads* étaient fixés sur des traverses en bois par des clous à têtes fraisées, fig. 5, ou par un rebord saillant en dessous à leurs extrémités; on les plaçait aussi sur des pierres appelées *stones, dez;* on les y fixait avec de forts clous ou chevillettes.

Ces rails en fonte de 0m, 91 de longueur, étaient formés en général d'une partie horizontale plate de 0m, 09 de largeur 2c 1/2 d'épaisseur, avec un rebord supérieur vertical de 0m. 04 quelquefois plus haut de 0m, 03 à 0m, 04 au milieu qu'aux extrémités, et quelquefois aussi, mais moins souvent, d'une nervure verticale inférieure ayant 0m, 07 de saillie au milieu et venant à rien aux deux bouts, *fig.* 4.

La partie horizontale portait la roue; le rebord supérieur l'empêchait de quitter le rail, il se trouvait du côté de l'axe de la voie pour repousser les graviers lancés par les pieds des chevaux, enfin la partie verticale en dessous n'avait d'autre but que de fortifier la première.

Les rails étaient posés bout à bout; aux extrémités de chacun d'eux, étaient ménagés deux petits trous rectangulaires qui formaient par leur réunion un vide carré; on y enfoncait un clou qui retenait deux rails à la fois sur un stone et dont la tête était noyée dans la partie horizontale.

La largeur de la voie variait de 0m, 70 à 1m,50; elle était en empierrement ou en pavés.

Deux expériences de M. Wood indiquent que le frottement total sur les plate-rails bien dressés était de 1/196 de la pression. Le rapport du diamètre de la roue et de l'essieu étant 1/14.

Il est inutile d'insister sur cette forme de rails abandonnée dans tous les chemins de fer construits récemment, parce qu'elle favorise le séjour de la poussière, de la boue et de l'eau dans l'ornière; ce qui augmente le frottement et hâte la détérioration de la fonte.

Cependant ce système donnait un grand avantage, celui de pouvoir conduire les waggons (voitures qui parcourent un chemin de fer) sur tout autre chemin ordinaire. Cet avantage, perdu dans le système des rails saillans, est assez grand pour avoir engagé des ingénieurs à proposer des trame-roads en pierres plates dures, suffisamment larges pour que les roues puissent y être maintenues sans exiger une trop grande attention du voiturier. Ce système a été exécuté à Londres sur 3000m de longueur et en Écosse avec des plaques épaisses en fonte.

Le Commercial-road de Londres, *fig.* 6, est fait avec des pierres de granit (d'Aberdeen en grande partie) ayant 1m, 10 sur 0m, 45, et environ 0m, 30 d'épaisseur : elles sont taillées sans démaigrissement dans le bas; on les a posés sur un fond ferme de ciment et gravier, sans aucune interposition entre les joints verticaux.

Par un beau temps, les pierres étant neuves et balayées, on a trouvé que la résistance d'un chariot ordinaire pesant 4 tonneaux avec sa charge était 1/180 de la pression. Les détails de cette expérience manquent d'une donnée essentielle, le rapport des diamètres des roues et de l'essieu: on peut le supposer, pour les chariots de Londres, de 1/10; (il est de 1/12 pour les waggons des railways).

Si on suppose que la boue et la poussière augmentent la résistance du double, on aurait 1/90 de la charge pour résistance, ce qui permettrait d'exécuter les transports sur les routes où il y a peu de pente avec trois fois moins de chevaux. Cet avantage est considérable; mais il faudrait de grands capitaux pour établir des plate-rails de ce genre dont le degré d'usure n'est pas encore connu: on doit remarquer que la résistance du roulage irait toujours en augmentant dès qu'il y aurait un commencement d'ornières; et on ne voit pas comment on en ferait les réparations, à moins de remplacer les pierres ou de les tourner sur chaque face successivement.

Je n'ai aperçu aucune trace de roues sur le Commercial-road de Londres en activité depuis cinq ans; les jantes étant bien moins larges que les dalles de granit, les roues usent la pierre également en passant tantôt sur un point, tantôt sur un autre.

Edge-rails.

Les inconvéniens des plate-rails ont depuis long-temps engagé les ingénieurs à donner aux rails une forme saillante au-dessus du sol sur laquelle ne puisse rester aucun corps étranger, et à employer des chariots avec roues à rebord : le premier essai exécuté comme chemin public, date de plus de 40 ans; c'est ce que les Anglais nomment *edge-rail.*

Il en a été de ce perfectionnement comme de beaucoup d'autres : l'idée la plus simple n'a pas été suivie la première. Puisqu'on cherchait à diminuer le frottement, puisqu'on voulait un chemin sans inégalités, il était plus naturel de l'établir au-dessus du sol qu'au même niveau et dans un angle rentrant qui retenait la boue et la poussière ; cependant c'est dans ce dernier système qu'ont été exécutés plus de 400,000 mètres de railways en Angleterre.

Les premiers rails saillans ont été faits en fonte d'environ 1m, 15 de longueur. D'abord, la section transversale était presque un rectangle ; puis après on donna plus de largeur dans le dessus, afin d'offrir plus de surface au contact de la roue; cette largeur allait en diminuant par le bas et finissait par un renflement pour fortifier l'arête inférieure, fig. 20: enfin la section présenta la forme d'un T, et c'est le type général des rails qu'on fait aujourd'hui ; à savoir, une partie plate horizontale sur laquelle porte la roue et une partie verticale en dessous pour fortifier la première.

Dans le sens de la longueur, on fit les rails courbes en dessous, fig. 8, pour ménager la matière et offrir une égale résistance en quelque point que fût la charge qu'ils avaient à supporter; ainsi ils avaient plus d'épaisseur au milieu qu'aux extrémités.

On a dit que cette courbe devait être celle d'un solide d'égale résistance, c'est-à-dire une ellipse; cela ne serait vrai qu'autant que les rails seraient posés librement sur les appuis; mais comme ils sont quelquefois liés entre eux, et toujours fortement retenus dans les chairs, la question est un peu différente.

Le mode de fixer les extrémités du rail est un point très-important.

On a d'abord terminé les rails par des espèces d'oreilles qui s'appliquaient sur les stones où on les fixait par des clous, fig. 7; dans ce système les rails étaient juxta-posés bout à bout. La charge portait en définitive sur les quatre extrémités des oreilles; pour peu que les surfaces supérieures de trois stones contigus ne fussent pas dans le même plan, les oreilles portaient à faux, et la rigidité de la fonte ne permettant pas au système de fléchir, les oreilles qui recevaient immédiatement l'action des waggons devaient rompre souvent.

L'idée vint d'interposer un troisième corps entre le rail et le stone afin d'atténuer une partie du choc, et on fit reposer les rails sur les stones par l'intermédiaire d'une pièce de fonte séparée nommée *chair*, *chaise*, *coussinet*.

Ces chairs étaient fixés aux stones par deux chevillettes; l'extrémité de chaque rail posant sur le chair était de plus traversée par un clou horizontal passant dans les deux joues du chair, *fig.* 8.

On remarqua que les stones qui s'enfoncent plus ou moins sous le poids des chariots, s'inclinaient en avant et en arrière pendant le passage des waggons qui les pressaient, fig. 9, qu'alors l'extrémité d'un rail était relevée, tandis que celle du rail contigu était abaissée, d'où résultaient une saillie brusque à la surface supérieure du railway et un choc nuisible aux rails, aux roues des waggons et à la force motrice.

Pour diminuer cet inconvénient on fit joindre les rails à mi-fer en les taillant en sifflet et les croisant d'environ 0m, 06, *fig.* 13. Le chair n'était plus traversé que par un seul clou horizontal qui passait dans le joint des deux rails; de plus, en abattant les angles de la partie horizontale sur laquelle s'appuient les rails, et en lui donnant une forme convexe *fig.* 11 et 23, le chair ne présentait qu'un point d'appui verticalement au-dessous du milieu du joint. Par cette disposition chaque rail portait sur cette sommité, et le stone pouvait s'incliner en avant ou en arrière sans que le point d'appui changeât bien sensiblement, ou au moins les deux rails descendaient ensemble.

On a varié cette disposition, mais en se rattachant à l'idée principale de faire appuyer les extrémités contiguës de deux rails sur un seul point, *fig.* 12 et 10.

On a aussi cherché à lier les rails aux chairs par un autre moyen que les clous qui les traversent, lesquels se pliant aisément ne fixaient pas assez solidement les rails, et offraient des difficulés pour être retirés lors des réparations. On a ménagé dans l'une des joues du chair un renfoncement rond ou carré dans lequel on fait entrer latéralement une partie en relief du rail; celui-ci est ainsi retenu au chair qui, lui-même fixé au stone, s'oppose au mouvement de bas en haut du rail.

Pour appuyer le rail contre le chair qu'il ne touche que par une seule joue, on chasse entre l'autre joue et le rail un coin en bois ou en fer ; on l'introduit horizontalement et parallèlement à la longueur du rail dans une

petite échancrure faite à la joue du chair pour donner entrée.

Cette manière de fixer les rails au chair rend très facile l'enlèvement des rails dans les réparations.

Plusieurs assemblages de chairs et de rails ont été conçus dans ce système, *fig.* 21, 22, 23, 14, 16, 24 et 24 bis.

On peut proposer beaucoup de formes pour les chairs et les joints des rails, et nous examinerons les principales conditions à remplir pour obtenir la stabilité du système lorsque nous aurons parlé de la substitution du fer malléable à la fonte dans les rails et de leur forme actuelle.

DEUXIÈME LEÇON.

Rails en fer malléable.

La dureté du roulage sur les railways en fonte et la fréquente rupture des rails firent songer à employer le fer laminé. Les premiers essais furent infructueux; mais en 1810 on proposa la forme de rails en fer malléable, qui est presque celle encore en usage aujourd'hui.

La fonte comparée au fer dans les rails a plusieurs inconvéniens.

1° Les rails rompent fréquemment et subitement.

2° On ne peut leur donner pour longueur que la distance entre deux supports, parce que la fonte étant peu flexible, il serait impossible de faire porter un rail sur plus de deux stones à la fois : or, n'ayant qu'une petite longueur, le choc résultant de la jonction de deux rails est plus répété.

3° Les rails en fonte offrant une dureté assez grande à leur surface, mais sur une petite épaisseur, lorsque celle-ci est usée la partie qu'elle recouvrait résiste très-inégalement et devient bientôt raboteuse.

Quant à la force relative des rails en fonte ou en fer, si nous supposons qu'il s'agit d'une résistance statique et que les rails sont de section rectangulaire d'une hauteur c et d'une épaisseur b, la charge que peut porter dans le milieu un rail d'une longueur L entre les chairs sur lesquels il serait posé librement, sera

$$\frac{2}{3} R \frac{bc^2}{L} \text{ (1)},$$

R étant une fraction du poids de rupture pour l'unité de surface déterminée selon le degré de solidité qu'on croit suffisant. Si nous la déterminons ici d'après cette considération que la charge soit plus petite que celle qui commencerait à donner une flexion permanente et que nous la supposions de 7 k., 50 par millimètre carré pour la fonte, et de 6k., 00 pour le fer, l'avantage sera du côté de la fonte.

Mais les rails ne sont pas seulement soumis à la simple pression des véhicules en repos, ils reçoivent aussi l'impulsion de ces masses animées de divers mouvemens. D'un autre côté, les rails sont en partie encastrés dans les chairs. Ces circonstances empêchent de faire l'application de la formule précitée, et il convient de consulter l'expérience acquise sur les railways en activité pour connaître la force des rails. Or il résulte de ce qui a lieu jusqu'à présent :

1° Qu'à Darlington (et quelques autres railways) des rails en fonte des dimensions suivantes, *fig.* 13,

Largeur en dessus.	0m., 055	pesant 22 k. le mètre courant.
Longueur entre les appuis	1, 150	
Hauteur moyenne.	0, 120	
Épaisseur réduite.	0, 026	

résistent au roulage de waggons pesant 4 to. et de locomotives de 8 to. ayant 4m., 4 de vitesse.

2° Qu'à Liverpool des rails en fer des dimensions suivantes : *fig.* 16 et 14.

Largeur en dessus .	0, m. 055	pesant 17 k. le mètre courant.
Longueur entre les appuis	0, 910	
Hauteur réduite . .	0, 083	
Épaisseur réduite .	0, 030	

Sont trop faibles pour le roulage de ce chemin où passent des waggons de 5 to. et des locomotives de 11 à 12 to. ayant 8m., 8 de vitesse, mais qu'on peut présumer qu'ils seraient suffisans pour le roulage du railway de Darlington; et cette opinion est d'autant plus fondée que ce même chemin de Darlington est presque entièrement formé de rails en fer des dimensions suivantes :

Largeur en dessus .	0m., 055	pesant 14 k. le mètre courant.
Longueur entre les appuis	0, 910	
Hauteur réduite . .	0, 072	
Épaisseur réduite. .	0, 025	

(1) Résumé des leçons de mécanique de M. Navier, p. 70, 72.

Lesquels sont à la vérité reconnus trop faibles, mais cependant supportent le roulage actuel.

Les rails en fer de Liverpool pesant 17 k. seraient donc à peu près de même force que ceux en fonte de Darlington pesant 22 k., ce qui donnerait l'avantage au fer.

Si, d'après les grands résultats d'expérience précédens, nous voulons déterminer approximativement les dimensions à donner à d'autres rails de formes à peu près semblables, soumis à des roulages peu différens, nous poserons la relation

$$\frac{2}{3} R \frac{b c^2}{L} = P$$

P étant le plus grand poids en mouvement sur le milieu des appuis,

b et *c* l'épaisseur et la hauteur moyenne d'un rail,

L La distance des appuis,

Et *R* un coefficient de résistance dont nous déduirons la valeur des circonstances particulières au chemin de Darlington, c'est-à-dire en supposant que sur ce chemin la plus grande charge P = 3,000 k., et en mettant à la place de *b*, *c* et L les dimensions des rails en fonte de Darlington d'une part, et celles des rails en fer de Liverpool de l'autre.

Les deux valeurs de R qu'on trouvera, l'une de 14k.,4 pour la fonte et l'autre de 20 k. pour le fer, étant substituées dans la formule, serviront à déterminer, pour chacun de ces métaux, les dimensions *b*, *c* et L des nouveaux rails.

La supposition de 3,000 k. pour la plus grande charge des rails relative au roulage du chemin de Darlington où les locomotives pèsent environ 8 to. peut s'expliquer ainsi qu'il suit :

La distance des appuis des rails étant plus petite que celle des essieux des roues, il semble qu'un rail ne peut jamais avoir à supporter plus du quart du poids d'une locomotive ou 2,000 k.; mais M. Wood fait observer avec raison que par suite de l'enfoncement des stones, les deux lignes de rails d'une même voie pouvant être inclinées en sens contraire, cessent d'être comprises dans le plan tangent aux quatre roues; qu'en conséquence il est possible qu'il n'y ait que trois roues qui portent ou même deux diagonalement : d'où il suit que le milieu d'un appui peut avoir à supporter instantanément la moitié du poids d'un waggon ou d'une locomotive, c'est-à-dire 4,000 k. sur le chemin de Darlington; mais comme cet effet est très-atténué à l'égard des machines par les ressorts qui les soutiennent, nous avons réduit à 3,000 k. le maximum de la charge instantanée des rails. Nous verrons d'ailleurs plus tard que la vitesse peut augmenter la pression des masses qui pèsent sur les rails.

Si on veut appliquer la formule au chemin de Liverpool en supposant que les appuis conservent la distance 0m.,910, que la hauteur des nouveaux rails doit être 0m.,100 et que la plus grande charge produite par les locomotives du poids de 12 to. est de 5,000k. on aura pour déterminer l'épaisseur réduite *b* :

$$\frac{2}{3} \times 20\text{k.} \times \frac{b\,(100)^2}{910} = 5{,}000\text{k.}$$

d'où $b = 34^{mm}$.

Le poids de ces rails serait de 26 k. par mètre, ce qui se rapproche du poids des rails projetés pour les chemins de Londres à Birmingham et à Bristol.

On a fait des expériences directes sur la résistance statique des rails; voici un extrait de celles de M. Wood :

Des rails en fonte, fig. 20 et 13, pesant environ 22 k. par mètre, ont été posés et retenus comme à l'ordinaire dans des chairs fixés à des pièces de bois éloignées de 1m.,15.

Résultat d'une douzaine d'expériences.

Poids de rupture placés au milieu.	Maximum.	7000k.	9700k.
	Minimum.	5300	6900
	Moyenne.	6000	8000

La seconde colonne se rapporte à la rupture de rails obtenus en mélangeant le métal des premiers rails avec de la vieille fonte.

Un rail en fer malléable de 4m.,55 de longueur, ayant partout la même section transversale, fig. 18, supporté par six chairs formant cinq divisions de 0m.91 chacune, a été fixé solidement : 1° à chaque chair; 2° aux deux chairs du milieu seulement. Dans les deux cas on l'a chargé et déchargé successivement de poids progressifs; les flexions qui en résultaient, étaient non permanentes ou en partie permanentes. La flèche de courbure a été mesurée au-dessous des extrémités de la division du milieu sur laquelle les poids étaient appliqués. Le rail pesait 19 k. par mètre.

POIDS dans LE MILIEU.	LE RAIL FIXÉ			
	A TOUS LES CHAIRS.		AUX DEUX CHAIRS DU MILIEU.	
	Flèche totale.	Flèche permanente.	Flèche totale	Flèche permanente.
k.	mm.	mm.	mm.	mm.
850	0,2	0,	0,2	0,
1,700	0,3	0,	0,4	0,
3,400	0,6	0,	0,9	0,
4,250	0,8	0,	1,2	0,
5,100	1,0	0,	1,4	0,1
5,900	1,2	0,1	1,7	0,2
8,500	1,7	0,2	2,9	2,0

Les prix de la fonte et du fer malléable étant à peu près en raison inverse des quantités de matières contenues dans un mètre courant de rails en fonte ou en fer, il y a presque égalité de dépense sous ce rapport; mais comme il faut un quart de chairs et de stones de plus pour les rails en fer, l'établissement de ces derniers peut coûter davantage.

Les rails en fonte ont donc encore quelques partisans pour le transport des marchandises, mais on leur a généralement substitué les rails en fer malléable, qui se détériorent moins promptement et qui sont exempts de rupture subite, inconvénient grave, surtout pour le transport des voyageurs.

Quant à la durée, eu égard au frottement, il a été reconnu au chemin de Darlington qu'un roulage de 86,000 to. de marchandises dans un sens et de 52,000 to. de waggons et locomotives dans les deux sens pendant un an, avait fait perdre le même poids de $0^{k}.226$ à un rail en fonte de $1^{m}.22$ de longueur et à un rail en fer malléable de $4^{m}.56$, de sorte que la fonte s'userait quatre fois plus promptement que le fer.

Cette observation, quoique délicate, est concluante en faveur du fer; il faudrait supposer l'erreur bien forte pour qu'il y eût parité entre les deux métaux.

Si on admet que le frottement a lieu sur une largeur de $0^{m}.04$, et qu'un rail dont l'épaisseur a diminué de $0^{m}.006$ est hors de service, on trouvera que les rails en fer pourront durer 38 ans, tandis que les rails en fonte ne dureront que 9 ans. Cependant MM. Cosse et Perdonnet ont vu des rails en fonte servant depuis 20 ans, mais ils étaient à moitié rongés.

Il est d'ailleurs à remarquer que des rails en fer gissant sur le terrain se couvrent promptement de rouille, tandis que ceux des railways fréquentés ont un brillant métallique à la surface touchée par les roues, et ne sont presque pas oxidés dans les autres parties; cette différence tient peut-être à l'état magnétique dû au frottement continuel des roues.

Avant de poser les rails on les éprouve. Les rails du chemin de Liverpool ont supporté cinq tonneaux dans le milieu des appuis, et ceux du chemin de Roanne 2,000 k. tombant de $0^{m}.70$ de hauteur et portant sur une longueur de rail de $0^{m}.20$; il en a été de même au chemin de Lyon. Ces épreuves donnent souvent aux rails des courbures permanentes assez fortes ($0^{m}.04$ à $0^{m}.06$ de flèche); on les redresse difficilement sans les passer au feu, opération qui la plupart du temps rend l'épreuve illusoire : on ne peut donc éprouver que quelques rails, et seulement comme garantie de la qualité du fer employé à en faire un certain nombre.

Deux formes principales ont été adoptées pour les rails en fer malléable. Les uns sont *parallèles*, c'est-à-dire de même section transversale sur toute la longueur; les autres sont *ondulés*, c'est-à-dire plus épais verticalement au milieu des appuis que sur les chairs; ils sont rectilignes en dessus et courbes en dessous.

On justifiait cette dernière forme, pour laquelle il a été pris un brevet d'invention, en disant qu'en suivant la courbure d'un solide d'égale résistance on épargnait de la

matière. Mais les rails courbes en dessous, sans jouir des avantages qu'on leur attribuait, ont de grands inconvéniens.

1° Il est difficile de les façonner au laminoir, et d'obtenir la courbure inférieure, sans altérer plus ou moins la contexture des fibres métalliques.

2° Les chairs ne pouvant se placer que sous la partie la plus mince, il faut une bien plus grande précision dans la pose des stones et des chairs, sujétion déjà assez grande.

3° Si un rail faiblit, on ne peut le soutenir aux points intermédiaires : il en est de même si le terrain exige plus de points d'appui.

4° Enfin l'écoulement transversal des eaux pluviales, qu'il est si important d'entretenir sur les chemins de fer, est entravé par la surépaisseur des rails, qui sont précisément plus bas dans le point où on peut établir les caniveaux d'écoulement.

Les avantages des rails ondulés sur les rails parallèles ne paraissent point prouvés; les expériences comparatives de M. Wood indiquent trop peu de différence dans les résistances, pour faire donner la préférence aux uns ou aux autres. Voici un extrait de ses expériences :

POIDS dans le milieu du RAIL.	RÉSISTANCE D'UN RAIL DE 4m.56 DE LONGUEUR, SOUTENU ET FIXÉ SOLIDEMENT SUR 6 CHAIRS, ESPACÉS DE 0m.91.			
	ONDULÉ, PESANT 19k.3.—(FIG. 19.)		PARALLÈLE PESANT 19k.—(FIG. 18.)	
	Flèche.	Flèche permanente.	Flèche.	Flèche permanente.
k.	mm.	mm.	mm.	mm.
8,500	0,	0,	0,2	0,
1,700	0,	0,	0,3	0,
3,400	0,7	0,	0,6	0,
4,250	0,9	0,	0,8	0,
5,100	1,1	0,	1,0	0,
5,900	1,2	0,	1,2	0,1
8,500	2,2	0,3	1,7	0,2

Le mètre courant de rail parallèle, ayant pour section la section maximum des rails courbes de Liverpool, pèserait à peu près 20 k.; celui des rails ondulés ne pèse que 17 k.; mais comme le prix des premiers est d'environ 26 fr. les 100 k., et celui des seconds de 31 fr. (A), il n'y a point d'économie. D'ailleurs si l'on considère les grands avantages que présentent les rails parallèles, n'exigeant de précision dans la pose des stones que pour l'alignement, permettant leur rapprochement à volonté selon la fatigue des rails ou la mollesse du sol, et nuisant moins à l'écoulement, on ne pourra s'empêcher de leur donner la préférence, et c'est ce qu'on fait aujourd'hui.

Dimensions principales de quelques rails.

CHEMIN DE	DISTANCE des appuis.	HAUTEUR.	LARGEUR. Maximum.	LARGEUR. Minimum.	LONGUEUR d'un rail.	POIDS d'un mètre.	POIDS des waggons ou locomotives.
			RAILS EN FER MALLÉABLE.				
	m. m.	mm.	mm.	mm.	m.	k.	k.
* Lyon.	0,91—0,75	25	46	14	4,57	13,2	7000
* Roanne, *fig.* 24 et 24 *bis.*	0,82—0,71	25	46	14	5,00	13,2	7000
* Epinac, *fig.* 21.	1,00	80	43	12	5,00	11,0	3600
* Denain, *fig.* 22.	»	80	48	13	»	13,2	4600
Darlington, *fig.* 15 et 17.	0,91	85—56	55	14	4,56	14,0	8000
Liverpool, *fig.* 14 et 16.	0,91	100—60	55	15	4,56	17,0	11500
* S.-Hélen-Runcorn, *fig.* 18 *bis.*	0,91	92	55	18	4,56	19,5	8000
* Leeds et Selby, *fig.* 23.	0,91	100	58	13	4,56	21,8	»
* Sunderland, *fig.* 19 *bis.*	»	97	49	13	4,56	14,5	4000
* Redruth.	0,91	80	30	16	»	12,7	2000
* Wrexham.	1,15	80	40	20	4,60	14,0	2500
			RAILS EN FONTE.				
Andrezieux.	1,14	140—70	50	20	1,20	21,7	3800
Darlington, Helton, *fig.* 13.	1,15	145—80	55	13	1,20	22,0	8000
Newcastle.	1,15	»	40	»	1,22	20,8	4000
Middleton près Leeds.	0,92	120—90	51	19	0,92	19,8	5500

* Rails parallèles.

Entrons dans quelques détails sur la stabilité du système des rails, des chairs et des stones.

Stabilité des rails, chairs et stones.

Les rails doivent conserver leur hauteur, leur parallélisme et leur affleuremnt au joint, conditions essentielles pour le roulage, et dans lesquelles il est d'autant plus difficile de les maintenir que les véhicules ont plus de masse et de vitesse.

La conservation du niveau tient à la résistance du terrain : il est rare qu'elle soit parfaite, il l'est encore plus qu'elle soit uniforme ; elle dépend en grande partie de la surface et du poids des stones. Les dimensions de ceux-ci, qui dans le principe étaient de 0m.30 sur 0m.30 et 0m.20 de hauteur, ont été successivement portées à 0m.60 sur 0m.60 0m.30 de hauteur, c'est-à-dire à une masse sextuple, et aujourd'hui on est disposé à les augmenter encore pour les chemins de grande vitesse.

Une plus grande surface de stones augmente la stabilité en subdivisant la pression sur le sol ; une plus grande masse y contribue aussi par inertie.

Lorsque le chariot passe sur le stone, celui-ci tend à s'enfoncer. L'action momentanée du chariot sur le terrain, transmise par le stone, est d'autant plus faible que l'intermédiaire a plus de masse.

Toute espèce de pierre est bonne pour les stones, pourvu qu'elle résiste à la gelée et à la dilatation des chevilles de bois remplissant les trous qu'on pratique pour fixer les chairs. La pierre la plus lourde est là meilleure. Les faces sont très-grossièrement taillées, celle qui reçoit le chair l'est avec un peu plus de soin.

En donnant, comme d'usage, 0m.90 de distance entre les chairs, et 0m.60 d'équarrissage aux stones, il n'y a qu'un tiers du terrain occupé par les rails qui ne les supporte pas. Il ne faudrait donc pas un grand surcroît de dépense pour établir un massif général de maçonnerie sous chaque ligne des rails, qui, par là, seraient soutenus dans

toute leur longueur. Cette idée, adoptée par quelques ingénieurs, est rejetée par d'autres qui pensent que la résistance complète du terrain est nuisible, et qu'une réaction trop dure sur les rails, et par suite sur les waggons et les locomotives, rend les détériorations du railway, des chariots et des machines plus grandes et plus promptes.

C'est ce que semble démontrer l'observation comparative des parties du chemin de fer de Lyon établies sur le gravier ou le rocher, et celles qui sont sur remblai. Une certaine élasticité serait donc utile dans le système des railways, et s'obtient en espaçant les points d'appui. Ces opinions et ces faits sont conformes à ce que nous savons des routes ordinaires d'empierrement. M. Mac-Adam a trouvé que la détérioration d'une route du Somerset, dont la chaussée reposait sur le rocher, était à celle d'une partie de cette même route établie sur un marais, comme 7 à 5.

Outre les stones, on emploie aussi des semelles en bois, principalement dans les terrains moins résistans, comme les remblais récens; elles sont le plus souvent assez longues pour servir aux deux rails de la même voie : elles ont de 0m.16 à 0m.20 de hauteur sur 0m.22 à 0m.30 de largeur. On se sert aussi de bois en grume scié en deux et posé à plat; on les place quelquefois sur d'autres pièces parallèles aux rails, ou seulement sur des madriers; il en résulte un plus grand empâtement, et par conséquent la pression momentanée des chariots porte sur plus de points.

Comme masses inertes les semelles résistent beaucoup moins que les stones plus pesans qu'eux. Le poids des stones de fortes dimensions est le quart de la pression qu'exerce une roue de waggon, tandis que celui des semelles n'en est pas la trentième partie : aussi voit-on au passage des waggons une plus forte vibration des rails lorsqu'ils sont établis sur traverses en bois, que lorsqu'ils le sont sur stones.

On a aussi employé des traverses en fonte *fig.* 35; le milieu était enfoncé sous la voie, tandis que les extrémités relevées présentaient des fentes dans lesquelles se plaçaient les rails; dans ce cas il n'y avait pas de chair. Il est vraisemblable que la rupture de ces pièces et leur cherté auront fait renoncer à ce système, qui ne dispensait pas des stones nécessaires pour porter les extrémités des traverses.

TROISIÈME LEÇON.

La position des chairs sur les stones n'est pas indifférente; le chair transmet au stone la pression momentanée qu'éprouve le rail sous le passage du waggon; c'est la résistance du terrain qui assure la stabilité du stone : il faut donc pour qu'il n'y ait pas de déversement que la résultante des forces qui résistent soit opposée à celle des forces qui pressent; c'est-à-dire que le centre du chair, le centre de gravité du stone et celui de l'aire suivant laquelle il touche le terrain, doivent être sur la même verticale, condition qui exige que les stones aient certaines formes. Il faut de plus que les superficies du dessus et du dessous soient parallèles et à peu près planes.

La position du chair ainsi déterminée sur le stone, il y est fixé par deux broches ou en fer ou en bois; dans le premier cas, on commence par remplir les trous cylindriques du stone par des chevilles en bois noyées dans la pierre, et c'est dans celle-ci qu'on chasse avec force les broches de fer dont la tête retient les chairs. Si le bois est trop sec et le trou trop près du bord de la pierre, celle-ci peut éclater.

Les trous percés dans les stones ont de 0m,08 (Epinac) à 0m,15 (Leeds) de profondeur sur 0m,02 à 0m,03 de diamètre.

Quelquefois on a interposé entre le chair et le stone une substance compressible, comme du feutre goudronné (*chemin de Leeds et Selby*) ou une planche très-mince de bois (*chemin de Roanne sur quelques mille mètres*). Le but de cette interposition est de rendre l'assemblage moins rigide, aussi bien que d'assurer un contact plus parfait pour éviter la rupture des chairs qui porteraient à faux sur la pierre mal dressée.

Ordinairement les trous des chairs ont un bord un peu plus épais formant saillie, afin d'offrir plus de résistance aux coups du marteau.

Les coins qui serrent les rails dans les chairs sont en bois ou en fer; les premiers qu'on imbibe quelquefois de goudron, donnent moins de raideur au système, mais,

permettent davantage aux rails de se déverser en cédant à l'écartement produit par les waggons.

Les coins en fer s'opposent plus efficacement à cet effort; mais en les enfonçant entre le rail et le chair, on peut faire éclater la joue de ce dernier, ou comme l'assemblage est plus rigide, s'il est trop serré, un cahot des waggons produit le même effet.

On a mis ces coins en dedans et en dehors de la voie. Lorsqu'ils sont en dehors, l'action des waggons qui poussent toujours les rails de ce côté est transmise moins brusquement au chair, surtout si les coins sont en bois. Dans ce dernier cas il vaut encore mieux qu'ils soient en dehors, parce qu'on peut les recouvrir de terre qui empêche qu'ils ne se dessèchent et ne jouent. Enfin on peut dire qu'en général cette position est préférable, parce qu'alors le rail éloigne davantage le rebord des roues des chairs qui en sont quelquefois atteints.

Dans les nouveaux chairs du chemin de Liverpool on a beaucoup augmenté l'épaisseur des joues, et on a placé deux coins, un de chaque côté. Ces coins en fer ont un petit talon, comme les clavettes, pour être retirés plus facilement avec le marteau, *fig.* 14 et 16.

La largeur des chairs dans le sens des rails varie de 9 à 13 centimètres; quelquefois ceux qui soutiennent deux rails sont plus larges que les autres, et légèrement convexes sous le joint; le patin a environ $0^m,03$ d'épaisseur sous les rails et $0^m,02$ aux extrémités. Quant à la hauteur, elle doit être telle que la joue intérieure ne puisse jamais être touchée par le rebord des roues; le poids des chairs varie de 3 à $6^k,5$.

L'intervalle des stones et des chairs dépend évidemment de la force des rails et du poids des waggons. On peut, jusqu'à un certain point, rapprocher les chairs ou augmenter les épaisseurs des rails, quand on veut rendre un railway plus résistant. C'est ainsi qu'aux chemins de Lyon et de Roanne on a fortifié quelques parties en ajoutant un stone sous chaque longueur de rail.

Établissement d'un railway.

Pour construire un railway, on commence par tailler les stones et percer les trous qui doivent recevoir les chevilles de bois et les broches de fer; on les transporte sur la ligne, et on y fixe solidement les chairs.

L'axe du chemin est tracé au moyen de piquets distans de cinq à six longueurs de rail (*environ* 25 *mètres*), mis de hauteur au niveau d'eau et repérés au niveau à bulle d'air de 300m, en 300m. Au droit de chacun de ces piquets, latéralement et au-delà des rails extrêmes, on en plante deux autres que l'on met à la hauteur des premiers, avec le niveau de charpentier.

Dans l'emplacement de chaque ligne de rails on ouvrira une tranchée longitudinale propre à recevoir les stones; on prendra tous les moyens possibles pour affermir le terrain; on posera d'abord les stones des joints des rails correspondant aux piquets, puis les stones des joints intermédiaires, dont les alignemens seront donnés par l'axe, et les hauteurs au moyen de voyans de paveurs placés dans les chairs des premiers stones. Tous les stones de joints étant posés, un cordeau tendu de l'un à l'autre sur le patin des chairs donnera l'alignement et la hauteur des stones intermédiaires.

Les rails seront transportés sur la ligne, puis parfaitement redressés sur une enclume ambulante avant la pose, enfin placés dans les chairs et serrés avec les coins. Ils doivent porter exactement sur tous les patins, s'affleurer et s'aligner parfaitement.

Les vides des tranchées seront ensuite remplis avec du sable, du gravier ou des pierres cassées, bien serrés contre les stones et damés à plusieurs reprises. Quelquefois, au lieu de se borner à des tranchées, on enlève le terrain dans toute la largeur du chemin.

Il est important que les stones ne vacillent pas et qu'ils touchent le terrain dans tous les points de leur base. Au chemin de Liverpool la pose des stones a été faite, et je l'ai vu faire encore, de la manière suivante : une espèce de trois pieds portatif de $1^m,80$ de hauteur, *fig.* 48 *bis*, sert de point d'appui à un levier de bois de 4 à 5 mètres; à l'extrémité du grand bras sont des tiraudes, comme à une sonnette, pour abaisser le levier; au bras opposé est une chaine accrochée au chair déjà fixé au stone : par ce moyen on enlève le stone, qui pèse environ 300 k., et en le laissant retomber plusieurs fois d'une petite hauteur, on dame le terrain, qui prend l'empreinte des inégalités du dessous du stone. Ce procédé de pose est bon, puisqu'on l'emploie encore aujourd'hui après trois années d'expérience, et cependant il semble qu'il devrait disloquer le chair.

Quelquefois on remplit le fond de a tranchée longitudinale d'un lit de 0m,25 de pierres cassées sur lequel on pose les stones : on obtient stabilité et écoulement, l'eau filtrant à travers les pierres dans des caniveaux pratiqués de distance en distance. La fondation en pierres cassées est employée au chemin de Leeds et Selby ; mais il paraît qu'elle n'est appliquée qu'aux terrains tendres, *fig*. 38 et 39.

Ces pierres cassées doivent se comporter sous les secousses des waggons comme celles des routes sous le mouvement des voitures ordinaires, c'est-à-dire qu'elles se serrent, s'enchevêtrent, et finissent par occuper moins de volume. Le railway doit donc baisser; mais les pierres étant supposées égales, le tassement dû à cette cause est uniforme.

Lorsque les chairs sont posés sur des semelles d'une seule pièce traversant la voie, il est plus difficile de les assujétir, parce qu'une extrémité se dérange quand on relève ou qu'on abaisse l'autre, mais le parallélisme des rails se conserve plus aisément.

Il faut avoir soin, dans la pose des rails, de ne pas les faire toucher bout à bout; on doit laisser un jeu suffisant pour la dilatation : l'allongement ne peut guère excéder 0m.002 à 0m.003 par rail de 4m.56

$$(40^{o}\times 4^{m}.56\,\frac{1^{o}}{100\times 819}=0^{m}.002),$$

en supposant que la pose a lieu à 0° que le fer ne s'échauffe pas au-delà de 40° par les plus grandes chaleurs d'été. On peut, en doublant les intervalles, les reculer de deux en deux rails, mais non au-delà ; la dilatation ne remplirait plus les vides et déformerait les rails qui résisteraient trop pour glisser dans les chairs.

Quelquefois on incline légèrement la surface supérieure d'un rail vers l'autre rail, disposition qui tend à ramener les waggons dans la voie et qui est plus appropriée aux roues à jantes coniques.

La position relative des rails des deux lignes de la même voie offre diverses combinaisons. Il paraît qu'on les a placés au chemin de Liverpool de manière que les joints d'une ligne étaient vis-à-vis les milieux des rails de l'autre. Cet ordre primitif a été plus ou moins interverti par les réparations successives et les remplacemens de rails. Au chemin de Lyon, les joints ne peuvent jamais être rencontrés que par une seule roue à la fois; dans la seconde les cahots occasionés par deux joints ont lieu en même temps, mais il est plus aisé de maintenir le parallélisme, une seule traverse servant à la fois à deux joints, c'est-à-dire à quatre rails.

Chaque rail pouvant être poussé latéralement en dehors par les roues des waggons, on prévient l'écartement en plaçant de distance en distance des traverses au lieu de stones : cette précaution, qui maintient la largeur primitive de la voie, est indispensable pour tous les terrains meubles et pour tous les remblais récens; elle est économique, parce qu'on peut employer les mêmes traverses au chemin définitif et aux chemins de service des travaux d'établissement.

La largeur de la voie dépend de celle des waggons ; elle est ordinairement égale à la distance extérieure des rebords des roues plus 0m.02 de jeu.

Voie de chemins de fer mesurée entre les axes des rails.

	m.
Leeds à Middleton	1,31
Sunderland	1,40
Redruth à Restrongett	1,21
Darlington à Stockton	1,48
Liverpool à Manchester	1,48
Cantorbury à Wistestable	1,52
Leeds et Selby	1,49

Les bills relatifs aux chemins les plus récents prescrivent pour écartement des rails
dans œuvre, au moins 1 m. 42.
hors œuvre, au plus 1 m. 55.

	m.
Saint-Étienne à Andrezieux	1,49
Lyon à Roanne	1,50
Epinac	1,52
Denain	1,50

Lorsqu'un chemin de fer n'a qu'une voie, on est obligé d'établir de distance en distance des parties à double voie pour le croisement des waggons allant dans des sens opposés, ou marchant dans le même sens avec des vitesses différentes. Les distances varient nécessairement avec l'activité du roulage. Quant à la longueur des croisières, elle dépend de celle des trains, c'est-à-dire du nombre des waggons attachés ensemble. On compte depuis 1/8 jusqu'à 1/17 de longueur de voie de plus, pour les parties doubles ou croisières.

Près des points d'arrivage, de chargement et de déchargement, il faut ajouter des voies particulières destinées à la station

des waggons et hors des lignes du chemin proprement dit.

Lorsque le commerce est très actif on donne deux voies au railway. L'intervalle qu'on laisse entre elles dépend de la largeur des voitures et des marchandises qui fréquentent le chemin.

Entrevoie d'axe en axe.

	m.
Darlington à Stockton	1,26
Liverpool à Manchester	1,66
Leeds à Selby	1,98
Sunderland	1,12
Lyon à Roanne	1,00
Epinac	1,00

Pour passer d'une voie à l'autre on fait des courbes de raccordement qui ne sont pas toujours tangentes aux lignes principales, il suffit que les angles de rencontre ne fassent point éprouver aux waggons un changement trop brusque de direction et que le rectangle des lignes joignant les quatre points de contact des roues sur les rails puisse toujours être inscrit dans la projection horizontale de la voie angulaire. Ces angles sont de trois à six degrés.

Le changement de voie s'exécute au moyen de parties de rails, mobiles autour d'un centre, appelées switches ou aiguilles ; quelquefois il n'y en a que sur une ligne de rails : lorsqu'il y en a deux et qu'elles doivent se mouvoir ensemble, elles sont liées par une chaîne ou par une tige en fer, *fig.* 26, 29, 27 *bis*.

Les switches sont mus à volonté par un homme qui va au-devant des trains, ou par un garde stationnaire. On emploie aussi une chaîne passant sur une poulie et au bout de laquelle est un poids qui descend dans un petit puits et qui ramène les switches dans la position où ils doivent rester, *fig.* 25 et 25 *bis*.

Ce dernier moyen adapté à un switche sur une seule ligne de rail à la croisière, suffit pour faire suivre la même voie aux waggons allant dans un sens, et l'autre voie à ceux qui viennent en sens contraire, *fig.* 27.

Soit AB une voie principale suivie par les waggons chargés allant de A en B, et C D une croisière où doivent s'arrêter les waggons vides allant de C en D. Les waggons pleins venant de A, trouvant toujours le switche D fermé par l'effet du poids H, suivront la voie principale, et, arrivés près du switche E, l'ouvriront par l'impulsion du rebord de la roue poussant devant elle le switche; les waggons vides venant de B et allant vers A, trouvant toujours le switche E fermé par l'effet du poids L, seront dirigés par ce switche dans la voie de la croisière, et s'y arrêteront s'il est nécessaire, pour laisser passer des waggons pleins dans la voie principale; continuant plus tard leur marche, ils trouveront le switche D fermé, mais le rebord des roues l'ouvrira, et les waggons vides rentreront dans la voie principale.

On emploie dans ce système des pièces de fonte MM aux points où deux lignes de rails se coupent et se croisent, et NN aux points où une ligne aboutit sur une autre. Ces pièces donnent lieu à quelques secousses, et M. Wood les a remplacées par un système de switches plus doux. L'inspection de la *fig* 27 *bis* suffira pour en faire comprendre le jeu. On y remarquera deux switches ramenés ensemble à une même position par un contre-poids.

On a aussi imaginé une autre disposition qui évite d'employer des parties mobiles, et qui est fondée sur la tendance qu'ont les waggons à continuer leur mouvement en ligne droite, *fig.* 28.

Au railway de Liverpool on emploie un moyen de changer de voie qui paraît préférable : une partie même des rails tourne autour d'un centre, et se place à volonté dans la direction de l'une ou de l'autre voie. Les parties mobiles ont environ 1m.80 de longueur : à 0m.10 de leur extrémité; elles sont traversées par une tige qui les pousse ou les tire. Celle-ci est terminée à côté de la voie par un rectangle horizontal de 0m.20 sur 0m.40 dans lequel se meut un excentrique dont l'axe vertical est tourné à volonté au moyen d'un bras de levier de 1m.00 de longueur; le déplacement est d'environ 0m.10 à l'extrémité des rails. Le tout est en fer malléable, *fig.* 29 et 30. La figure 32 représente la disposition d'un autre excentrique exécuté au railway de Saint-Hélène-Runcorn.

Lorsque la vitesse est très-grande, et que l'on craint qu'au passage des switches les rebords des roues ne montent sur les rails, on emploie, comme moyen de sûreté, de grandes aiguilles en bois contre lesquelles s'appuie la jante des roues, de même que le rebord s'appuie contre le rail. Ces grands switches ont de 4 à 5 mètres de longueur;

ils se meuvent sur une pièce de bois dont le dessus affleure le rail ; ils forment au-dessus de cette pièce une saillie de 0m 11 à 0m15 contre laquelle glisse la jante de la roue, *fig.* 31 ; on les manœuvre séparément.

Lorsque l'espace manque pour développer la courbe de raccordement et que les waggons doivent tourner court, il est indispensable de les arrêter, de les désunir, et de les amener les uns après les autres sur une plate-forme circulaire, tournant sur un chariot à roulettes ; au moyen de laquelle on fait prendre à la portion de rail qui tourne avec elle, et au waggon qui est dessus, toutes les directions que l'on veut. La *fig.* 33 représente un chariot en charpente du railway de Stockton, et la *fig.* 34 un chariot en fonte du chemin de Liverpool.

Lorsqu'un railway traverse une route, on place chaque rail entre deux plaques de fonte posées de champ, réunies par des boulons, et laissant environ 0m.04 de vide entre elles et le rail. Ces plaques, dont le dessus affleure le dessus du rail, servent à retenir l'empierrement de la route et à garantir les rails du choc des roues des voitures qui passent par-dessus le rail, *fig.* 46.

Le plus souvent ces plaques sont remplacées par des pièces de bois un peu plus élevées que le rail, *fig.* 47.

Quelquefois enfin, lorsqu'il s'agit d'une chaussée pavée, rien ne protège les rails. Les pavés forment autant de petites chaussées dans les intervalles des rails, et s'abaissent brusquement contre eux en dedans de la voie pour laisser un libre passage aux rebords des roues, *fig.* 48.

En Angleterre, les derniers actes pour concession de chemins de fer fixent à 25mm. la plus grande différence de niveau d'un railway au-dessus ou au-dessous de la surface des chemins publics qu'il coupe.

QUATRIÈME LEÇON.

Ouvrages divers pour asseoir un railway.

Les ouvrages en terre, remblais ou déblais, exécutés pour l'établissement d'un railway sont semblables à ceux qui doivent recevoir la chaussée d'une route : nous avons donc peu de chose à en dire.

L'eau devant être rejetée à droite et à gauche de l'axe dans les deux cas, mais peut-être avec plus de soin encore pour les railways, on fait dans les parties en déblai de petits fossés au pied des talus, *fig.* 36, 37, 38, 39, 41, 45 : ils ont depuis 0m70 (*Leeds et Selby*) jusqu'à 1 mètre (*Liverpool, Darlington*) de largeur en haut ; leur profondeur doit être telle que l'eau qui pourrait y rester, soit toujours plus basse que le dessous des stones. Ces fossés ont été placés au chemin de Liverpool à 1m.00 et 1m.50 du dernier rail.

Au même chemin, les talus des plus grands remblais commencent à 1m.50 du dernier rail. Au remblai de Halton (*Leeds et Selby*), préparé pour quatre voies, cette distance sera d'environ 3m.50 ; elle paraît beaucoup trop grande ; peut-être s'est-on réservé la possibilité d'adoucir le talus, qui est très-raide. Au chemin de Lyon, il nous semble qu'on est tombé dans l'excès contraire, en réduisant cette distance à moins de 0m.70. Toutefois nous devons dire que les remblais de plusieurs plans inclinés d'Angleterre, sur lesquels il passe 3 à 400 waggons par jour, ne présentent quelquefois que 0m.60 de largeur entre le dernier rail et l'arête des talus, et que beaucoup de parties en plaine n'offrent que la même distance jusqu'au fossé, *fig.* 42.

Dans les remblais dont il s'agit, et lors du premier établissement, on pose toujours les chairs sur traverses en bois, ce qui donne une garantie de plus contre la poussée au vide ; plus tard, quand le terrain a acquis quelque solidité, on remplace les traverses par des stones.

Il résulte des exemples cités, qu'une distance de 1m,50 entre le dernier rail et la crête du talus, est bien suffisante pour résister aux frémissemens qui accompagnent le mouvement des voitures de plus grandes vitesses.

Au remblai de Roby, de 15m de hauteur (chemin de Liverpool), on a dressé les talus dans l'origine suivant une courbe de 1m,50 de flèche sur 14m de corde, *fig.* 43 ; mais j'ai vu qu'en quelques endroits on a été obligé de soutenir les terres par un perré rectiligne qui remplit la concavité de cette courbe : dans d'autres parties la forme primitive existe encore.

Au grand remblai du chemin de Leeds et Selby, de 16m,00 de hauteur, on n'a donné au talus que 10m,00 de base, et on a sou-

tenu les terres par un perré ou mur à pierres sèches de 2m,00 d'épaisseur à la base. La hardiesse de cette construction, qui par la nature particulière du remblai a éprouvé des mouvemens plus considérables que dans les cas ordinaires, ne nous semble pas justifiée, à cause de la trop grande distance conservée entre l'arête supérieure du talus et le dernier rail, même dans le cas où on s'en est réservé la faculté, *fig.* 44.

Si on considère la durée et l'inégalité des grands tassemens qu'éprouvent les remblais très-élevés, on reconnaîtra que les railways qui suivent ces mouvemens ne peuvent être viables sans de fréquentes réfections; elles ne peuvent être exécutées qu'en suspendant le roulage ou en le reportant sur une autre voie. Il paraît donc très-utile de donner au sommet de ces grands remblais la largeur suffisante pour placer des voies auxiliaires à côté des voies principales.

Dans l'établissement des railways, on peut avoir à percer des souterrains sous les montagnes ou à élever des viaducts au-dessus des vallées; nous parlerons seulement des dimensions qui conviennent à la viabilité de ces ouvrages, dont la construction est semblable à celle des souterrains des canaux et des ponts des routes ordinaires.

Les souterrains exigent cependant une condition différente; ceux des canaux sont placés plutôt au dessous qu'au dessus des eaux souterraines. Pour ceux des railways on doit éviter cette position, et si l'on ne peut y parvenir, il faut se ménager des moyens d'écoulement jusqu'au-dessous des stones.

Lorsqu'il s'agit d'un railway, pour marchandises, à une seule voie, une largeur de 0m,50 à 0m,60 de chaque côté des waggons paraît suffisante, ainsi qu'une hauteur de 0m,70 au-dessus des caisses. (Tunnel de Preston, *fig.* 50, de terre noire, *fig.* 49.)

Lorsque le souterrain est destiné au passage des voyageurs, il faut au moins un mètre d'intervalle entre les parois des diligences et les pieds droits de la voûte, *fig.* 52. Au nouveau tunnel de Liverpool, destiné uniquement aux diligences, on a donné 7m,30 de largeur pour deux voies, ce qui suppose 1m,05 d'intervalle entre les chars et les pieds droits, *fig.* 54. Il suffit d'une hauteur de 4m,00 au-dessus du sol pour le passage des diligences; mais s'il y a des machines locomotives, il faut avoir égard à l'élévation des cheminées, qui est d'environ 4m,00 au-dessus des rails.

Ces dimensions pourraient être adoptées pour l'ouverture et la hauteur des ponts qui soutiennent les routes au-dessus des railways; cependant au chemin de Liverpool les ponts ont généralement 10m,00 d'ouverture, et 6m,00 de hauteur sous clef.

Les ponts ou viaducts peuvent être construits en maçonnerie, en charpente, en fonte, ou même avec chaînes de suspension. Dans ces ouvrages la largeur entre les parapets et les rails extrêmes varie de 0m,70 jusqu'à 2m,70; une distance de 1m,50 est bien suffisante; c'est celle des grands viaducts de Newton et de Sankey au chemin de Liverpool.

Ces derniers ouvrages sont en maçonnerie; mais dans l'un d'eux le remblai n'est pas achevé jusqu'à la culée, et le passage des diligences a lieu sur un pont de charpente de 30 à 40 mètres de longueur. On voit aussi un viaduct en bois sur pile et culée en maçonnerie au chemin de Roanne, et un autre tout en charpente à Preston. On en a fait un entièrement en fonte, pour faire passer le railway de Sainte-Hélène sur celui de Liverpool : ce viaduct est biais.

Enfin, il y a près de Stokton un pont suspendu de 75m,00 d'ouverture construit pour faire suite au chemin de fer de Darlington, *fig.* 99; les waggons partent d'un point de la rive gauche plus élevé que le tablier du pont; abandonnés à la gravité, ils traversent le pont et remontent sur la rive droite : un point d'attache ayant manqué, on a soutenu le tablier par cinq palées avec soupoutres et contre-fiches; mais on ne peut pas inférer de là que le passage sur les ponts suspendus doive être interdit aux waggons.

Des waggons.

Les chariots ou waggons employés sur les chemins provisoires, étant souvent destinés au transport des terres, sont construits de manière à faire bascule comme les tombereaux ordinaires. Dans les uns, l'axe de rotation est perpendiculaire aux rails, et la charge est renversée en avant, *fig.* 2; dans d'autres, il est parallèle au chemin, et le chariot se renverse de côté, *fig.* 3. Ces waggons sont tirés indifféremment dans les deux sens; ils contiennent de 0m,80 à 1m,60 cubes.

Les roues de ces petits chariots, ordinairement plus basses que celles des autres waggons pour faciliter le chargement à la pelle, en diffèrent essentiellement par le

système de rotation. Dans les roues des waggons ordinaires, les essieux tournent avec elles; dans celles-ci l'axe est fixé au waggon, et les roues tournent dans leur moyeu. Cette disposition est favorable aux courbes des petits rayons que présentent souvent les chemins de service; elle donne aussi la facilité d'incliner les bouts des essieux et d'élargir la caisse des waggons (*fig.* 2).

Les waggons généralement employés sur les chemins de fer sont composés d'une caisse qui a la forme d'une trémie, d'un châssis de charpente qui porte la caisse, de deux essieux et quatre roues qui portent le châssis.

Cette forme pyramidale des caisses des waggons, qui servent principalement au transport de la houille, a été adoptée pour donner à la partie supérieure plus de largeur qu'à la voie, et faciliter le déchargement : il s'effectue en ouvrant le fond de la caisse, la houille tombe dans des navires ou dans des voitures qui la transportent à destination, *fig.* 55, 56, 57 et 86.

Au chemin de Liverpool, où une grande partie du commerce consiste en marchandises des Indes, on a donné aux chariots une forme appropriée à un autre procédé de chargement et de déchargement. Ils ont deux caisses prismatiques glissant sur le châssis au moyen de roulettes et de coulisses; elles se meuvent parallèlement aux essieux des roues par dessus lesquelles elles passent. Ces caisses, roulées des magasins sur les chariots, ou des chariots dans les magasins, sont emplies et vidées sous des hangars à l'abri des mauvais temps. *Fig.* 58.

Une disposition particulière et nécessaire aux waggons qui voyagent ensemble, est le prolongement en avant et en arrière des pièces longitudinales du châssis; les extrémités de ces pièces doivent se toucher quand les waggons se heurtent, et empêcher le choc des caisses, qui seraient bientôt brisées sans cette précaution.

Les waggons doivent être unis par des chaînes fixées solidement aux châssis, *fig.* 85, et dont les anneaux sont en fer de 20 à 25^{mm} de grosseur; elles sont exposées à de violentes secousses, on en met une de chaque côté du waggon, ou une seule dans le milieu; dans ce cas, on en ajoute quelquefois une seconde un peu plus longue pour suppléer à la première en cas de rupture; ces chaînes sont courtes; il ne faut pas que les waggons soient trop écartés les uns des autres (environ 0^{m}.30 à 0^{m}.40), on en sentira la raison tout à l'heure.

C'est au moyen de ce système d'attache fort simple qu'un seul cheval peut mettre en mouvement une masse considérable (15 à 25 t^{o}). Lorsque les waggons sont en repos, ils se touchent ou doivent se toucher par les châssis, et les chaînes ne sont pas tendues. Le cheval, qui commence à marcher, n'agit d'abord que sur un waggon, puis les masses réunies du cheval et du premier waggon agissent sur le second, puis les masses réunies du cheval et des deux premiers waggons agissent ensemble sur le troisième, et ainsi de suite; de sorte que l'inertie totale du train est vaincue en détail sans trop de fatigue pour le cheval; et il en est de même relativement aux machines fixes ou locomotives; sans cette disposition particulière aux trains des chariots, l'action des machines sur des masses aussi considérables donnerait lieu à des accidens fréquens et à une prompte détérioration des équipages.

Pour diminuer les secousses violentes qu'éprouvent les voyageurs dans les diligences du chemin de Liverpool, secousses produites par l'action réciproque des voitures, aussi bien que par celle des machines locomotives, le mouvement est transmis à chaque voiture, soit qu'on la pousse, soit qu'on la tire, par l'intermédiaire d'un ressort placé au milieu du châssis, et au moyen d'une disposition ingénieuse de leviers, *fig.* 59.

Le mode d'attache des waggons est également favorable au cheval quand il s'arrête; les waggons arrivent à l'état de repos successivement, le premier s'avance moins près du cheval que cela n'aurait lieu si le système était rigide, et il y a moins de chances pour que l'animal soit heurté par les waggons lorsqu'ils descendent.

Examinons les circonstances du mouvement des waggons qui marchent seuls, eu égard au mode d'attache.

Il arrive quelquefois qu'un waggon vide ne peut descendre seul sur une pente, tandis que le mouvement a lieu si on en attache deux ou trois autres à la suite du premier. Cela tient à ce que les waggons peuvent agir isolément ou ensemble sur les obstacles provenant de l'imperfection des railways.

Supposons qu'au bout de quelques secondes, le premier waggon rencontre un obstacle qui détruit la plus grande partie

de sa vitesse ; sa marche sera ralentie, le waggon qui le suit le rejoindra, le poussera, et ils marcheront ensemble pendant quelques instans ; le second waggon rencontrant l'obstacle à son tour, ralentira sa marche et se séparera du premier ; mais celui-ci, qui continue son mouvement, tendra la chaîne qui les unit, le tirera, et ils marcheront de nouveau avec une vitesse commune. Or on conçoit que si un autre obstacle eût succédé immédiatement au premier, il aurait pu achever de détruire la vitesse affaiblie du premier waggon s'il eût été seul ; tandis que cet obstacle pourra être surmonté par les masses réunies des deux waggons qui se touchent, et de même cet obstacle qui aurait pu arrêter le second waggon seul, pourra être également surmonté par ce waggon quand il est tiré par le premier.

Ainsi le secours qu'un waggon reçoit de celui qui le pousse, il le lui rend en le tirant. Il y a en quelque sorte assurance mutuelle entre tous les waggons contre les chances qui peuvent arrêter chacun d'eux séparément. Il est vrai que si tous les waggons étaient attachés ensemble d'une manière invariable, ils jouiraient également de cet avantage ; mais alors ils perdraient celui que nous avons reconnu être si favorable aux moteurs.

La disposition qui produit ce dernier avantage n'est pas sans inconvénient, il faut que les waggons soient massifs et très-solides pour n'être pas brisés par les secousses et les chocs qu'ils éprouvent horizontalement, en se tirant ou en se poussant : de là, la nécessité de transporter inutilement des masses qui consomment en pure perte un tiers de la force de traction.

Poids des waggons.

CHARGÉS.	VIDES.	RAPPORT.	NOM du CHEMIN DE FER.	CHARGÉS.	VIDES.	RAPPORT.	NOM du CHEMIN DE FER.
k.	k.			k.	k.		
3970	1268	0,32	Killing Worth.	3800	1200	0,32	Newcastle.
3811	1167	0,29	Idem.	4000	1500	0,38	Idem.
3869	1180	0,31	Idem.	1900	600	0,32	Idem.
4262	1573	0,36	Helton.	5000	1600	0,32	Liverpool.
3856	1167	0,31	Idem.	4500	1500	0,33	Denain.
4081	1395	0,34	Back Worth.	3600	1000	0,28	Epinac.
3000	1300	0,44	Darlington.	3700	1100	0,30	Roanne.
3875	1250	0,32	Idem.	4100	1100	0,27	Lyon.
3600	1500	0,42	Bolton.	3800	1400	0,38	Andrezieux.
3600	1000	0,28	Glascow.	...	...	...	....
2130	760	0,36	Whitstable.	...	...	...	....

Ce sont les chocs contre les inégalités, les pavés, etc., qu'éprouvent les voitures sur nos routes qui ont forcé de les construire si solides et d'un poids égal à la moitié des marchandises ; on aurait donc pu croire que les chemins de fer qui aplanissaient ces obstacles amèneraient une amélioration notable dans le rapport des masses des véhicules et des marchandises ; mais il n'en a point été ainsi, et ce rapport, par les motifs que nous avons exposés, est resté précisément le même.

Poids des voitures sur les routes ordinaires.

CHARGÉES.	VIDES.	RAPPORT.	ESPÈCES DE VOITURES.	CHARGÉES.	VIDES.	RAPPORT.	ESPÈCES DE VOITURES.
k.	k.			k.	k.		
3500	1700	0,48	Diligences françaises.	7000	2200	0,31	Grosses voitures à 2 roues.
2400	900	0,37	Diligences anglaises.	1150	350	0,30	Léger chariot à 4 roues.
1300	500	0,38	Charrettes à deux roues.	9000	3400	0,38	Grosses voitures à 4 roues.

Ce rapprochement fait voir quel vaste champ est encore ouvert au perfectionnement des transports, puisque les chemins de fer, tout avantageux qu'ils sont, perdent comme les routes ordinaires le tiers de la force qu'on y emploie.

Si on étend cette observation aux canaux, on trouve que la masse des bateaux est à-peu-près le tiers du poids des marchandises; ainsi les trois moyens de transport qui ont le plus contribué à la prospérité du commerce intérieur des nations ont, presqu'au même degré, la même imperfection.

CINQUIÈME LEÇON.

Des roues des waggons.

Les roues et leurs axes sont les parties les plus importantes des waggons.

Les axes doivent être plus éloignés l'un de l'autre que les appuis des rails, afin que le poids d'un waggon en repos porte sur six appuis, et que chaque distance entre deux chairs ne soit chargée que du quart de ce poids.

Le diamètre des roues des waggons, mesuré à l'extérieur de la jante, varie de $0^{m}.70$ à $1^{m}.00$; celui des roues des locomotives va jusqu'à $1^{m}.40$. Au-delà de la jante est un rebord (*boudin*, *crease*), qui fait saillie de $0^{m}.019$ à $0^{m}.030$, et retient la roue sur le rail; la largeur de la jante, non compris rebord, est de $0^{m}.07$ à $0^{m}.10$, l'épaisseur du rebord est de $0^{m}.03$, et celle de la jante est de $0^{m}.025$ à $0^{m}.030$.

Les roues des waggons ont de six à douze rayons de 0^{m}, 020 d'épaisseur, sur 0^{m},07 à 0^{m}, 08 de largeur, et des moyeux de 0^{m}, 15 à 0^{m},19 de diamètre sur autant de longueur. Elles pèsent de 100 à 120 k.

Ordinairement la jante est légèrement conique. Cette forme maintient les waggons dans l'axe de la voie lorsqu'elle est en ligne droite; dans les parties courbes, l'effet de la force centrifuge et du jeu, est de placer les roues de manière à ce que le grand rayon d'une jante touche le rail de grand rayon, ce qui est un avantage; il ne faut pas que la forme conique soit trop prononcée, parce que les rails ne pourraient résister à la poussée en dehors.

Le profil du rebord est varié : tantôt c'est une demi-circonférence à peine raccordée avec la jante, d'autres fois c'est une surface conique terminée par une demi-circonférence ou deux quarts de cercle formant doucine. *fig.* 60, 63, 65, 66, 67, 68. En général, le rebord doit avoir d'autant plus de saillie que le chemin présente des courbes plus prononcées, que la vitesse est plus grande, et que les effets de la force centrifuge sont plus à craindre.

Les edge-rails forment promptement dans les jantes une gorge qui augmente le frottement. On remédie à cet inconvénient en donnant une espèce de trempe à la partie extérieure des roues. On les fond dans un cylindre de fer dont le refroidissement plus prompt que le sable ordinaire de moulage rend la surface extérieure plus dure.

Cette opération présente des difficultés; la partie extérieure de la jante, promptement solidifiée, forme un cercle déjà rigide avant que le retrait des parties intérieures soit opéré; il en résulte que les rayons se séparent de la circonférence, ou se solidifient dans un état de tension si grande qu'ils

cassent au premier choc. On a cherché à prévenir ces accidens en donnant une grande épaisseur à la jante par rapport aux rayons, afin que ceux-ci refroidis les premiers se retirent plus tôt; ou en séparant le moyeu en deux ou trois et même quatre parties, dont on remplit les intervalles avec des coins en fer ou de bois, après avoir cerclé les deux bouts du moyeu en fer. (*Fig.* 60, 64, 65.)

Les roues en fonte ont été plus exposées à la rupture quand on a augmenté la vitesse des transports, et c'est principalement sur la forme des roues des machines locomotives, qui entrainent rapidement les voyageurs et qui sont plus pesantes que celles des waggons, que l'imagination des constructeurs s'est exercée.

On a fait des roues en fonte avec rayons en ligne droite, en forme de S, bifurquées, etc. *fig.* 61, 62, 64, 65.

On a fait des roues en fonte, pleines, sans rayons, ayant seulement trois ou quatre vides circulaires.

On a fait des roues en fonte, fondues autour de rayons en fer malléable, retenus par leur forme de queue d'aronde.

On a fait des roues avec jante et moyeu en fonte, et rayons en fer à tête noyée dans la jante, tendus par des écrous tournant en dedans du moyeu; ces roues étaient cerclées en fer forgé. *fig.* 63.

On a fait des roues de locomotives avec des rayons en fer forgé, des jantes formées de deux parties circulaires en fonte se retournant d'équerre et cerclées en fer forgé, *fig.* 68.

On en a fait avec jante et rayons en bois, double cercle en fer forgé, moyeu en fonte d'une seule pièce ou de deux pièces moisées, *fig.* 66, 67.

On a fait les quatre roues des locomotives de même diamètre, puis on en a fait deux d'un diamètre plus petit.

Enfin le même ingénieur a d'abord mis six roues aux locomotives; puis quatre, puis parait revenir au premier nombre.

Il serait impossible de décrire tous les systèmes de roues; il n'y a peut-être pas de combinaisons qui aient plus varié dans ce qui est relatif aux chemins de fer. Rien ne prouve mieux l'importance de cet objet, puisque cette grande variété de forme indique que l'on n'est satisfait d'aucune.

Au milieu de cette quantité de modèles divers, aussitôt abandonnés qu'essayés, un fait reste seul bien établi, c'est que pour les locomotives on renonce à faire toucher les roues de fonte contre les rails et qu'il y a un grand avantage à les cercler en fer malléable. On pourrait peut-être aussi y joindre l'emploi du bois dans les jantes et les rayons, au moins pour les machines de grandes vitesses.

Les roues s'usent principalement dans l'angle de la jante et du rebord. On peut réparer celles qui sont cerclées en fer, en les remettant sur le tour. Relativement à l'usure de chaque espèce, voici ce qu'on a observé.

Pour les roues de waggons, marchant avec des vitesses de 3 à 4 mètres, la fonte endurcie présente les résultats les plus satisfaisans; d'après M. Wood, des roues de cette espèce employées depuis huit ans étaient encore en très-bon état et paraissaient devoir durer long-temps.

Au railway de KillingWorth, les roues des locomotives en fonte ordinaire s'usaient de $0^{m}.0125$ en neuf mois, tandis que les mêmes roues cerclées en fer forgé ne s'usaient que de $0^{m}.003$ par an, c'est-à-dire cinq fois moins.

Les essieux des waggons et machines locomotives sont fixés aux roues et tournent avec elles. Si les roues tournaient autour de l'essieu, le plus petit jeu dans le moyeu permettrait au plan de la roue de s'incliner sur l'axe, et la voie changerait.

La rotation a lieu dans quatre coussinets boulonnés sous les châssis. Des parties de l'essieu d'un plus grand diamètre que les coussinets, empêchent le mouvement dans le sens de la longueur.

Le diamètre des essieux est de $0^{m}.05$ à $0^{m}.07$ pour les waggons, et de $0^{m}.09$ à $0^{m}.12$ pour les locomotives, c'est-à-dire entre le $^{1}/_{11}$ et $^{1}/_{13}$ du diamètre des roues.

Ce rapport n'est que de $^{1}/_{25}$ pour les waggons du chemin de Liverpool qui portent sur quatre ressorts. Le corps de l'essieu a $0^{m}.08$ de diamètre, mais les extrémités n'ont que $0^{m}.04$. Elles font saillie en dehors des roues, et ce sont sur ces parties que portent les coussinets. *fig.* 76. Ces dispositions qui, à l'exception des ressorts, ont été imitées dans quelques waggons du chemin de Roanne, donnent de la stabilité à la charge et le moyen d'élargir la caisse, mais il faut augmenter l'entrevoie en proportion.

Les essieux sont toujours en fer et doivent être forgés avec beaucoup de soin. Les coussinets sont tantôt en fonte, tantôt en cuivre jaune, et quelquefois en fer malléable. Les

uns et les autres doivent être tournés et toujours enduits de graisse. Ces précautions sont indispensables; ainsi on a remarqué au chemin de Lyon, qu'entre Rive de Gier et Givors, un seul waggon mal graissé pouvait arrêter le train descendant dont il faisait partie.

Lorsqu'un essieu cesse d'être suffisamment graissé, il s'échauffe et se corrode quelquefois de 0m.01 en une heure.

Il est difficile de tenir les essieux toujours graissés, et ce n'est qu'après plusieurs essais infructueux qu'on y est parvenu.

On avait d'abord imaginé au chemin de Liverpool de faire tomber sur l'essieu des gouttes d'huile par un trou du coussinet et au moyen de mèches dont un bout trempait dans un vase d'huile et dont l'autre descendait sur l'essieu. L'huile qui s'élevait par capillarité retombait ensuite comme par la plus longue branche d'un syphon, *fig.* 80.

Au chemin de Roanne, on avait placé le vase au-dessous de l'essieu sur lequel l'huile était portée au moyen d'une petite chaîne faisant noria et qui passait dans une gorge ménagée dans le coussinet, *fig.* 81.

Ces moyens ont été abandonnés, et on a adopté ceux représentés dans les *fig.* 70, 76. De petites boîtes placées au-dessus des coussinets, sont percées d'un trou vertical communiquant jusqu'à l'essieu; le tout est rempli de suif, ou d'un mélange de suif, d'huile et de soufre. Le mouvement échauffant l'essieu et le coussinet dès qu'ils manquent de graisse, procure la fluidité nécessaire pour faire descendre peu à peu sur l'essieu toute la matière grasse, qu'il faut renouveler très-souvent.

Au chemin de Lyon, on se sert d'huile contenue dans un petit vase au-dessous de l'essieu; un cylindre de bois, en partie plongé dans l'huile et pressé contre le dessous de l'essieu par un ressort, tourne avec lui par l'effet du contact, le mouille continuellement d'huile, dont une partie est transportée entre le coussinet et l'essieu, *fig.* 79.

Il est souvent nécessaire de modérer la vitesse des waggons descendans, et même, dans certains cas, il faut pouvoir la détruire complètement. On y parvient au moyen d'un frein manœuvré par un homme qui accompagne le train, monté sur l'arrière du dernier waggon. Ces freins agissent sur une ou deux roues. Leur disposition la plus habituelle est celle de la *fig.* 56.

Frottement des waggons.

La résistance que les waggons opposent au mouvement sur les chemins de fer, désignée assez improprement sous le nom de frottement, étant un point très-important, M. Wood a cherché à la déterminer par beaucoup d'expériences.

Pour l'évaluer, il s'est servi d'un dynamomètre à pendule. L'inspection de la fig. 69 suffit pour en faire comprendre le mécanisme. L'instrument est l'intermédiaire entre l'action du moteur et la résistance du waggon. Les diverses inclinaisons de la tige du pendule, dont le limbe a été gradué par l'application de poids connus, indiquent des tirages précisément égaux à ces poids.

Au moyen de cet instrument, M. Wood a mesuré le frottement directement, mais il l'a aussi déduit du mouvement des waggons sur des plans inclinés : la relation analytique entre l'inclinaison du plan, le temps, l'espace, le poids du waggon et le frottement, donne la valeur de ce dernier, lorsque toutes les autres circonstances du mouvement sont connues par l'observation.

Le frottement d'un waggon sur un plan horizontal se compose, 1° de celui des essieux dans les coussinets; 2° de celui des jantes des roues sur les rails. L'expérience a appris que ces frottemens n'augmentaient pas tout-à-fait autant que les pressions, mais dans la pratique on peut les supposer proportionnels. Soient :

d le diamètre des essieux, et D celui des roues;

W le poids du corps d'un waggon;

R celui des roues et des essieux;

fW le frottement des essieux mesuré à la circonférence;

f'(W+R) celui de la circonférence des roues sur les rails;

F la force de tirage faisant équilibre à ces deux frottemens :

en remarquant que la force de traction d'un waggon agit comme si elle était appliquée à la circonférence des roues, nous aurons :

$$DF - dfW - Df'(W+R) = o;$$

d'où

$$F = \frac{d}{D}fW + f'(W+R) \ldots\ldots\ldots (1).$$

Pour vérifier si chacun de ces frottemens

(1) Résumé des leçons sur les machines de M. Navier, p. 149.

est proportionnel à la pression sous laquelle il a lieu, il fallait en observer au moins un séparément : c'est ce qu'a fait M. Wood. Il a d'abord déterminé le frottement total, soit directement, soit par la descente des waggons sur les plans inclinés, ensuite il a évalué isolément le frottement des roues sur les rails; puis, retranchant ce dernier du premier, il a eu celui des coussinets.

Si on n'a pas égard à l'inertie des roues d'un waggon descendant librement sur un plan dont l'inclinaison est $\frac{1}{i}$ on a :

$$E = \left\{ \frac{\frac{W + R}{i} - F}{W + R} \right\} \frac{g}{2} t^2$$

W étant le poids du corps d'un waggon ;
R celui des roues et des essieux ;
E l'espace parcouru sur le plan pendant le temps t;
g la vitesse donnée par la gravité au bout d'une seconde ;
F le frottement total supposé indépendant de la vitesse.

Si on a égard à l'inertie des roues (*supposées pleines et homogènes*) leur moment d'inertie étant $\frac{R}{2} r^2$, et la vitesse angulaire à la circonférence étant égale à celle du waggon, leur rotation produit la même résistance qu'une masse $\frac{R}{2}$ entrainée par le waggon ; on a donc :

$$E = \left\{ \frac{\frac{(W + R)}{i} - F}{W + R + \frac{R}{2}} \right\} \frac{g}{2} t^2$$

$$\text{d'où } F = \left(\frac{W + R}{i} \right) - \left(W + \frac{3}{2} R \right) \times \frac{2\,E}{g t^2}. \quad (2)$$

formule semblable à celle par laquelle M. Wood détermine le frottement total sur les plans inclinés.

Si on fait $W = 0$, c'est-à-dire s'il n'y a que les roues et les essieux, le frottement F se réduit à la résistance f' R sur les rails, et on a

$$f' = \frac{1}{i} - \frac{3\,E}{g t^2} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (3).$$

Pour faire les expériences sur ce genre de frottement isolé, M. Wood a fait descendre sur un plan incliné une seule paire de roues avec l'essieu ; il a observé les circonstances du mouvement, et en substituant les résultats dans la formule (3) il a eu la valeur de f'.

Pour faire varier la pression, on remplissait de plomb l'intervalle des rayons des roues.

L'inclinaison du plan était d'environ $^1/_{100}$; le diamètre des roues de 0m.87; la longueur totale parcourue de 152m; le temps était observé à chaque longueur de 30m.40c. parcourue; ainsi le frottement a été déterminé pour différentes vitesses, lesquelles ont varié de 1m.80 à 4m.00.

M. Wood a trouvé qu'avec le seul poids des roues et de l'axe, le frottement mesuré à la circonférence variait de $^1/_{640}$ à $^1/_{804}$; et que pour les roues chargées, comme elles le sont sous le poids des waggons, il était de $^1/_{800}$ à $^1/_{1200}$. Mais la formule qu'il a employée n'étant pas exacte, on trouve, en la rectifiant, que ce frottement peut être évalué moyennement à 0,002 de la pression. Ce qui engage M. Wood à prendre le plus petit des rapports donnés par l'expérience, c'est que deux roues seules doivent se détourner plus facilement de la voie que quatre roues unies au châssis des waggons ; qu'en conséquence les rebords doivent quelquefois éprouver un frottement latéral qui s'ajoute à celui des jantes. Au surplus, on conçoit que lorsqu'il s'agit de déterminer des rapports qui ne diffèrent que de quelques millièmes, les expériences deviennent bien délicates et les résultats bien incertains.

Coulomb a mesuré directement l'espèce de frottement dont il s'agit pour des cylindres de bois de 0m.16 et 0m.32 de diamètre, chargés de 500 kil. et roulant sur des pièces de bois bien dressées à la varlope ; il l'a trouvé proportionnel à la pression et en raison inverse des diamètres, de sorte qu'une roue de gaïac de 0m.87 de diamètre éprouverait une résistance d'environ 0m.001 de la pression.

Voici le tableau des cinq premières et de la 21e expérience de M. Wood ; dans les cinq premières, le poids des deux roues et de l'axe est de 270 kil., et dans la dernière de 2029 kil.

PERTE à partir du sommet.	LONGUEUR parcourue sur le plan incliné.	TEMPS en secondes.	FROTTEMENT en parties du poids d'après M. Wood.	VITESSE finale.	FROTTEMENT en parties du poids d'après la formule (3).	FORCE accélératrice $=\frac{V}{t}$
	m.	"		m.		m.
0,009958	30,47	34,2	0,00118	1,78	0,00199	0,0520
0,0101130	60,94	48,8	0,00137	2,50	0,00231	0,0512
0,010215	91,41	59,6	0,00140	3,06	0,00234	0,0513
0,009963	121,88	70,2	0,00144	3,46	0,00240	0,0492
0,009845	152,35	79,1	0,00144	3,81	0,00239	0,0469
0,009845	152,40	76,04	0,00113	4,00	0,00178	0,0526

Les cinq premières colonnes sont tirées de l'ouvrage de M. Wood, la sixième est le rapport du frottement suivant la formule (3), et la septième la force accélératrice qui diminue un peu avec la vitesse.

M. Wood conclut de ses observations que le frottement sur les rails est proportionnel à la pression, et presque indépendant de la vitesse; cependant la moitié de ses expériences semble indiquer qu'il augmente un peu avec la vitesse.

Les secousses brusques qu'on éprouve dans une voiture qui parcourt un chemin de fer, indiquent des chocs aux joints des rails; bien qu'ils ne soient pas compris dans ce qu'on entend par le frottement des jantes, il n'en est pas moins vrai qu'ils font partie de la résistance à vaincre et de l'évaluation déduite de la formule. Il en est de même des chocs que reçoivent les rebords des roues quand elles sont poussées latéralement contre les rails par les écarts de waggons. Les pertes de forces vives que toutes ces secousses occasionent doivent augmenter dans un rapport plus grand que celui des vitesses, et cela doit être d'autant plus sensible dans le roulage des waggons que généralement la caisse ne porte pas sur des ressorts.

D'après ces considérations, nous croyons que les conclusions de M. Wood ne peuvent s'étendre beaucoup au-delà des vitesses qu'il a observées, et qui ne sont que le tiers de celle des voitures-diligences. Il serait à désirer qu'on entreprît des expériences relatives aux grandes vitesses; expériences d'autant plus difficiles qu'on ne voit pas comment distinguer les effets de frottement des rails de ceux de la résistance de l'air, à moins de déterminer d'abord ces derniers.

Résultat des principales expériences de M. Wood sur la résistance totale des waggons mesurés avec le dynamomètre ou déduite de la descente sur les plans inclinés au moyen de la formule (2).

NUMÉROS des expériences de M. Wood.	PRESSION SUR LES		TIRAGE OU RÉSISTANCE		RAPPORT des diamètres des roues et des axes.	RAPPORT DE LA PRESSION	
	RAILS.	AXES.	TOTAL.	venant du frottement des axes.		sur les axes au frottement mesuré à l'axe	sur les rails à la résistance totale.
	k.	k.	k.	k.			
3—dyn.	1181	609	6,11	3,75	12,36	1/13	1/193
2—dyn.	1181	609	5,66	3,30	12,36	1/15	1/208
11—plan.	1574	979	5,76	2,61	11,60	1/32	1/273
4—dyn.	2184	1625	11,78	7,41	12,36	1/18	1/185
5—dyn.	3199	2641	15,40	9,00	12,36	1/24	1/207
1—dyn.	3872	3301	17,67	9,93	12,36	1/27	1/219
6—dyn.	3859	3301	18,12	10,40	12,36	1/25	1/213
7—dyn.	3834	3275	17,67	10,00	12,36	1/26	1/216
12—plan.	4126	3554	17,67	9,42	12,36	1/30	1/233
10—plan.	4266	3672	20,02	11,49	11,6	1/28	1/212
9—plan	4266	3672	18,78	10,25	11.6	1/31	1/227
8—plan.	4266	3672	17,82	9,29	11,6	1/34	1/241

Ainsi M. Wood trouve pour limites du frottement total 1/273 et 1/185 de la pression ; il adopte le coefficient 1/200 pour le roulage ordinaire et 1/240 lorsque les waggons et le chemin sont en très-bon état.

L'observation a appris que l'humidité, la boue, la poussière, la neige, augmentaient la résistance sur les rails, et qu'elle était la plus petite possible quand ils étaient entièrement mouillés ou parfaitement secs.

Le vent retarde aussi beaucoup la marche des waggons, soit en les poussant latéralement contre les rails, soit en agissant directement.

M. Wood trouve pour la valeur du frottement des coussinets mesurés à l'axe 1/10 et 1/23 de la pression ; le rapport paraît diminuer pour de grandes charges. Ces deux rapports extrêmes, déterminés dans l'hypothèse où la résistance sur les rails est 0,001, deviennent 1/13 et 1/34 quand on suppose cette résistance égale à 0,002.

L'importance de ce frottement, qui se montrait dans des proportions si différentes, a engagé M. Wood à faire des expériences plus soignées sur le mouvement des axes seuls ; il a trouvé qu'en employant des coussinets de fonte ou de cuivre polis par un long usage, le frottement pouvait être réduit à 1/60, qu'il était à son minimum quand la charge était de 7 k. par centimètre carré de la surface du coussinet, et que les enduits fluides paraissaient les meilleurs.

Le coefficient du frottement des essieux des waggons donné par M. Wood est bien moindre que celui des axes des poulies trouvé par Coulomb (1/11 de la pression). Ce dernier a mesuré le frottement directement, tandis que M. Wood l'obtient après déduction de la résistance sur les rails, dont l'évaluation est incertaine ; outre cette cause de différence, il nous semble que les frottemens dans les deux cas ne sont pas entièrement comparables. Dans les expériences de Coulomb, ou les essieux ou les coussinets étaient fixes, et se pressaient avec une force constante ; dans le mouvement des waggons, ils participent aux secousses imprimées au système, et par là agissent les uns sur les autres avec des pressions variables.

On a cherché à diminuer le frottement des coussinets des waggons en plaçant deux systèmes de roues l'un sur l'autre, *fig.* 75 : la jante des roues supérieures portait sur l'axe des roues inférieures qui s'appuyaient sur les rails ; ce moyen connu depuis longtemps n'a donné aucun bon résultat.

L'interposition des ressorts entre les coussinets des waggons et la caisse ne paraît pas diminuer sensiblement la force motrice, ainsi que cela a lieu pour les voitures des

routes ordinaires. M. Wood rapporte neuf expériences faites sur le railway de Liverpool avec des waggons à ressort, lesquelles ont donné des coefficiens de frottement, total compris, entre $^1/_{244}$ et $^1/_{292}$ pour un rapport de $^1/_{26}$ entre les diamètres des roues et des essieux, ce qui revient à $^1/_{112}$ et $^1/_{135}$ pour le rapport ordinaire de $^1/_{12}$. Ainsi les ressorts n'ont été d'aucun avantage pour le tirage.

Il est à regretter que M. Wood n'ait dirigé ses recherches expérimentales que sur des rails parfaitement droits, et non dans l'état ordinaire des chemins de fer en pleine activité; plusieurs faits semblent indiquer que dans l'état habituel des rails le frottement total est plus considérable qu'on ne le pense. Ainsi au chemin de Rive-de-Gier à Givors, sur une pente de $^1/_{166}$, les waggons ne descendent seuls que lorsqu'ils sont bien graissés; au chemin d'Epinac, sur une pente de $^1/_{143}$, les waggons vides ne descendent que sur les parties en ligne droite et s'arrêtent dans les courbes; au petit chemin de Denain, ils n'entrent en mouvement, sur une pente de $^1/_{135}$, qu'après une certaine impulsion; au chemin de Roanne, sur une pente de $^1/_{104}$, ils commencent avec difficulté à se mouvoir seuls, et s'arrêtent quelquefois.

A ces observations qui engagent à augmenter le coefficient du frottement total qu'a admis M. Wood, nous ajouterons celles qui suivent :

1° La pluie, la neige, la boue ou la poussière augmentent la résistance, et l'augmentation peut aller jusqu'au sixième du frottement total.

2° Quelques expériences indiquent une résistance totale de $^1/_{155}$ et d'autres beaucoup plus, notamment celle sur les waggons à ressort du railway de Liverpool.

3° Le coefficient de Wood paraît trop faible, parce qu'il ne comprend point le frottement latéral des roues contre les rails, quoiqu'il ait lieu très-souvent, les waggons étant presque toujours poussés de côté; circonstance que M. Wood a évitée dans ses expériences.

4° Si, d'une part, on doit supposer que sur les chemins de grande vitesse les rails et les voitures seront particulièrement bien entretenus, d'une autre part il faut, dans ce cas, faire intervenir la résistance de l'air; ce qui donnerait plutôt lieu d'augmenter le coefficient ordinaire que de le réduire; et il en est de même de la flexion des rails, qui, comme nous le verrons, augmente avec les grandes vitesses, ce qui ne peut avoir lieu qu'aux dépens de la force motrice.

5° Enfin les ingénieurs chargés, en 1830, par la compagnie du railway de Liverpool, de poser des élémens de calculs pour le mouvement, après avoir pris de nombreux renseignemens sur les chemins en activité, et connaissant d'ailleurs une partie des expériences de M. Wood, crurent devoir admettre le coefficient de $^1/_{180}$.

Toutes ces considérations nous portent donc à adopter généralement le même coefficient, sauf à le diminuer dans des cas particuliers, comme l'a fait M. Wood, qui emploie des rapports variant de $^1/_{213}$ à $^1/_{240}$: il est toujours sous-entendu que ce coefficient de $^1/_{180}$ est relatif à des waggons dont les diamètres des roues et des essieux sont dans le rapport de $^1/_{11}$ à $^1/_{13}$.

SIXIÈME LEÇON.

Des moteurs.

L'étude des moteurs ne nous regardant qu'accessoirement et eu égard à l'influence que l'application peut avoir sur la forme et le tracé des chemins de fer, nous nous étendrons peu sur cette matière.

Quoique le cheval soit employé au tirage des voitures depuis des siècles, on n'a point encore de données suffisantes sur sa force à différentes vitesses. La grande variété des chevaux est un puissant obstacle à la précision des recherches expérimentales sur ce sujet, et la rend peut-être superflue.

La question n'est pas seulement mécanique. Quand on cherche le prix du plus grand effet, elle se complique nécessairement de la durée de la vie du cheval, qui est un capital à renouveler; or, il n'y a que ceux qui par état sont à même d'examiner de près les chevaux, qui puissent bien apprécier les effets du travail sur leur complexion; jusqu'à présent on n'a point encore publié d'observations suivies à ce sujet, et nos connaissances sont très-bornées : elles sont d'autant plus difficiles à acquérir que

pour obtenir des résultats rationnels, il faut pouvoir observer pendant plusieurs années les mêmes chevaux appliqués au même travail.

Force du cheval à différentes vitesses.

VITESSE PAR		TEMPS du travail.	EFFORT.	CHARGE traînée.	FROTTEMENT la pression étant 1.	TONNAGE transporté à 4000 m.		OBSERVATIONS.
HEURE.	SECONDE.					TOTAL.	UTILE.	
m.	m.	h.	k.	k.	k.	to.	to.	
3200	0,9	10	51	12000	$1/240$	96	72	Résultat des railways, suivant M. Wood.
9000	2,5	3	33	825	$1/25$	5,5	3	Idem des diligences françaises.
16000	4,4	1,5	20	500	$1/50$	3	1,3	Idem des diligences anglaises.
13000	3,5	1,3	37	6700	$1/180$	28,5	15	Idem des diligences du chemin de fer de Lyon, en plaine ; il est peu différent sur les pentes de 0,006 et 0,014.

Le premier résultat, correspondant au pas de cheval, est donné par M. Wood : l'effet est calculé d'après le frottement que devaient éprouver des waggons d'un poids déterminé sur des pentes connues.

Le troisième, correspondant au petit galop, a été tiré de divers ouvrages anglais, et principalement des expériences de M. Macneill sur les résistances des diligences, desquelles il résulte que l'effort d'un cheval attelé aux stage-coachs, et galopant en plaine avec 16,000 m. de vitesse à l'heure, est d'environ 20 k.

D'après ces mêmes expériences, cet effort n'est plus que de 17 k. si la vitesse est réduite à 10,000 mètres à l'heure, toutes les autres circonstances restant absolument les mêmes ; d'où on peut inférer que la résistance, qui pour une vitesse de 16,000 m. était le $1/25$ de la pression n'en était plus que le $1/30$ pour une vitesse de 10,000 m. : cette diminution tient évidemment à la résistance de l'air, et sans doute aussi à une moindre perte de force vive due aux chocs divers des roues ; on doit donc y avoir égard pour calculer les résistances à différentes vitesses, et à défaut d'expériences, nous aurions admis ce rapport de $1/39$ pour la résistance des diligences françaises marchant à raison de 9,000 m. à l'heure, si nous n'avions cru convenable de le porter à $1/25$ pour tenir compte de la plus grande résistance qu'opposent les routes en France, généralement moins roulantes qu'en Angleterre ; c'est d'après cette considération, la distance ordinaire des relais, la vitesse et la charge des chevaux des diligences françaises, que nous avons présenté le second résultat qui s'accorde assez avec le peu d'expériences que nous avons sur ce sujet.

Le quatrième résultat est tiré du service des diligences du chemin de fer de Lyon, lequel, n'étant établi régulièrement que depuis 18 mois, demande à être confirmé par une plus longue expérience.

Il est probable que le premier résultat n'est pas le maximum d'effet. Les railways qui ont servi de base à M. Wood pour l'établir sont descendus avec charge et remontés à vide. Sur un quart de chemin les pentes étaient plus fortes que le frottement, et par conséquent le cheval marchait sans tirer, et dans un autre quart l'effort était très-petit. Or, bien qu'un cheval ne soit soumis à aucun tirage quand il marche, il éprouve une certaine fatigue qu'on peut éviter ; c'est ce qui résulte d'un perfectionnement introduit dans le tirage au chemin de Darlington. On a imaginé de transporter le cheval sur une plate-forme à la suite des waggons, quand ceux-ci peuvent descendre par leur propre poids. De cette manière, il y a bénéfice de force parce que le cheval se repose en descendant, et bénéfice de temps parce que les waggons descendent plus vite que ne l'eût fait le cheval. Un cheval qui, avant cette manœuvre, transportait dans une semaine de six jours 12 to. de houille à 140,000 mè-

tres, les transporte maintenant à 193,000 m. dans le même temps ; ainsi l'effet utile a été augmenté de plus d'un tiers, malgré la perte de force employée par le cheval pour remonter la plate-forme.

Cependant ce procédé, essayé au chemin de fer de Saint-Etienne à Rive-de-Gier, où il semblait très applicable, n'a point paru donner assez d'avantages pour être adopté.

En supposant :

Le frottement total sur les railways le $1/180$ de la pression ;

Le poids du waggon $1/2$ de celui des marchandises transportées ;

Le prix de la journée d'un cheval de 5f.,00, toute dépense comprise.

Il résulte de l'effort que peut développer un cheval à différentes vitesses et du temps pendant lequel il peut l'exercer, le tableau suivant :

Quantité d'action du cheval sur un chemin de fer horizontal.

VITESSE par		TEMPS du travail.	TIRAGE.	POIDS porté à 4,000 m.	POIDS utile.	PRIX DU TONNEAU porté à 4000 m.	
HEURE.	SECONDE.					avec retour.	retour à vide.
m.	m.	h.	k.	to.	to.	f.	f.
3200	0,9	10	51	73,4	49	0,102	0,205
9000	2,5	3	33	40	26,7	0.187	0,374
16000	4,4	1,5	20	21,6	14,4	0,347	0,694

Tels sont les prix moyens auxquels reviendraient les transports sur les chemins de fer s'ils étaient toujours horizontaux, en ligne droite et en parfait état de roulage; mais de faibles pentes, des courbes plus ou moins prononcées, de légères altérations dans les rails et dans le système de rotation des voitures, nécessitent des forces de traction plus considérables et augmentent les prix.

Voici ceux de quelques chemins de fer en activité pour un tonneau transporté à 4000 m., y compris retour des waggons vides.

Marchandises, avec vitesse de 0m,90.

Darlington	0, f 26	
Lyon à Givors	0, 21	
Newcastle	0, 20	
Andrezieux à Saint-Etienne	0, 18	en descend.
Epinac à Ivry	0, 35	en montant.

Voyageurs, avec vitesse de 3m,50.

Lyon.	de niveau	0f, 38
	en montant $1/166$	0, 92

Gravité.

Lorsque les waggons chargés doivent descendre une pente, ils peuvent en même temps remonter un même nombre de chariots vides, sans autre force motrice que leur propre poids ; le procédé employé dans ce cas est celui que les Anglais ont nommé self-acting, *fig.* 89.

Les dispositions des rails sur ces plans inclinés sont : 1° une seule voie dans la moitié basse du plan ; 2° une partie à double voie dans le milieu pour le croisement des waggons ; 3° deux voies dans la moitié supérieure du plan, mais avec un rail commun dans le milieu ; 4° deux petites parties à deux voies séparées pour les stations du haut et du bas.

Le mécanisme consiste en une grande corde, ou quelquefois une chaîne un peu plus longue que le plan, aux extrémités de laquelle sont attachés les waggons montans et descendans; elle est soutenue de distance en distance sur de petites poulies ; elle s'enroule sur un tambour horizontal ou vertical établi à la partie supérieure du plan ; aujourd'hui on emploie plus ordinairement une grande poulie à gorge en fonte placée presque horizontalement sous le palier à quelque distance du sommet ; cette poulie, très peu inclinée dans le sens opposé au plan, est supportée par deux bâtis en charpente ; elle tourne dans une cage souterraine en maçonnerie recouverte par de forts madriers sur lesquels passent

les rails, *fig.* 94 : le diamètre de cette poulie varie de 1m,80 à 4m,80, et celui de l'axe de 0m,08 à 0m,15.

Voici la manœuvre : des waggons chargés sont sur le palier d'en haut, voie gauche; les waggons vides sont à la station d'en bas ; la corde vient d'être descendue par des waggons chargés qui ont parcouru la voie droite. On attache l'extrémité supérieure de la corde aux waggons pleins, et l'extrémité inférieure aux waggons vides ; les switches fermant la voie gauche, *fig.* 89.

Des hommes, ou un seul en montant sur les rayons des roues, font avancer les chariots chargés sur le commencement du plan incliné où la gravité les entraîne. Les trains montant et descendant parviennent en même temps au commencement de la double voie du milieu du plan. Les waggons pleins continuent à suivre la voie gauche, mais les waggons vides dirigés par les switches A B prennent la voie droite qu'ils ne quittent plus, et arrivent ainsi sur la plate-forme supérieure. Les chariots pleins, après s'être croisés avec les waggons vides, entrent dans la voie unique du bas du plan ; en passant ils poussent en A C les switches qui ferment l'entrée de la voie droite, et arrivent à la station du bas.

A l'instant où les waggons arrivent en haut et en bas, des hommes décrochent promptement la corde, et les waggons continuent leur mouvement au moyen de la vitesse acquise. L'expérience apprend où il faut effectuer ce décrochement pour que les waggons s'arrêtent d'eux-mêmes aux points voulus.

Dans la situation où est la corde, sur la voie gauche, on voit que pour faire une nouvelle manœuvre, il faut que les waggons chargés soient placés sur la voie droite de la plate-forme, et que les waggons vides montent par la voie gauche; ce qui doit arriver, puisque les switches ferment la voie droite. Ainsi les waggons montent et descendent alternativement sur chacune des voies.

Lorsque l'inclinaison du plan, ou l'excédant de poids, sont tels que le mouvement des waggons est trop accéléré, ce qui a lieu précisément lorsqu'ils arrivent près des points où ils doivent s'arrêter, on modère la vitesse au moyen d'un frein qui entoure la grande poulie; si la quantité d'action dont sont pourvus les chariots descendans est suffisante pour vaincre le frottement de la corde sur la grande poulie, il peut arriver que celle-ci cesse de tourner, et que cependant les waggons continuent à descendre, entraînant la corde qui glisse dans la gorge.

Dans ce cas, on peut arrêter le train descendant en y plaçant un homme qui agit sur le frein du dernier waggon. On peut aussi allonger le plan et lui donner une légère contre-pente dans la partie inférieure. En général, l'inclinaison n'est pas uniforme, elle est plus forte au sommet et plus faible au pied ; cette disposition corrige l'inégalité de puissance motrice à laquelle le poids de la corde est contraire au commencement du mouvement et favorable à la fin de la descente.

On peut encore augmenter le frottement, en forçant la corde à faire plus d'un demi-tour dans la gorge de la poulie, au moyen d'une ou deux autres petites poulies qui changent la direction et participent elles-mêmes à l'augmentation du frottement, *fig.* 89 ; mais ce procédé a l'inconvénient de rendre plus difficile le commencement du mouvement.

Lorsque les waggons chargés arrivent au bas du plan, la gravité cessant d'agir sur eux, leur vitesse n'est plus accélérée, et diminue d'autant plus promptement que ces waggons sont obligés de tirer la corde après eux. Quant aux waggons vides, dès qu'ils arrivent sur le palier d'en haut, la gravité cessant de les retarder, leur vitesse finale ne peut être usée que par le frottement des roues. Ils vont donc plus vite que la corde qui est devant eux, laquelle ne se meut qu'en vertu du tirage retardé des waggons d'en bas ; il en serait de même si on modérait le mouvement par le frein des waggons descendans ; ainsi, dans ces deux cas, la corde d'en haut dépassée par les waggons, est forcée de se replier sur elle-même assez brusquement, et les waggons passent par dessus. Pour éviter les accidens qui en pourraient résulter, le cordage ayant beaucoup de raideur et étant fort gros, on termine les extrémités de la corde par des chaînes d'environ 10 à 11 mètres de longueur, et de plus on a des moyens simples de les décrocher promptement, *fig.* 87, 88.

La longueur des plans inclinés self-acting varie de 200 à 1200 mètres, et leur inclinaison depuis 1/6 jusqu'à 1/40. Ils peuvent être composés de plusieurs pentes ayant

une forme concave ou convexe ; ils peuvent être courbes en projection horizontale ou formés de plusieurs alignemens ; ainsi un des plans inclinés près Sunderland est terminé par un arc qui, d'après les mesures que j'ai prises de la corde et du sinus-verse, doit avoir un rayon d'environ 100 mètres.

Mouvement des waggons sur plans inclinés self-acting.
Expériences de Wood.

EXPÉRIENCES.	INCLINAISONS.	LONGUEUR.	POIDS des waggons		TEMPS.	CORDE.		POIDS DES		RAPPORT du diamètre des poulies à celui de l'axe.	
			CHARGÉS.	VIDES.		DIAM.	POIDS.	PETITES poulies.	GRANDES poulies.	PETITES poulies.	GRANDES poulies.
		m.	k.	k.	″	mm.	k.	k.	k.		
XVIII	1/37,3	654	5×3973	6×1268	200	41	1761	1495	2101	1/14,6	1/20
XIX	1/37,3	654	6×3973	7×1268	180	41	1761	1495	2101	1/14,6	1/20
XX	1/30	1190	5×4285	7×1574	300	41	2179	1916	206	1/14,1	1/24
XXI	1/28,3	1118	5×4287	7×1574	360	41	2025	4425	206	1/14,1	1/24
XXII	1/33,3	824	5×4285	7×1574	280	35	1327	1875	206	1/16	1/24

OBSERVATIONS.

Expériences XVIII *et* XIX. Inclinaison plus forte au sommet qu'en bas. Voie parfaitement droite. Les rails étant bien secs et en bon état, six waggons chargés entraînent six waggons vides sans exiger l'emploi des freins ; mais en hiver les résistances sont à peine vaincues.

Expérience XX. Inclinaison irrégulière. Grande courbe dans la voie. On y fait toujours sept waggons vides par sept waggons pleins, et on emploie toujours le frein de la grande poulie ou des waggons dans quelques parties.

Expérience XXI. L'inclinaison n'est pas uniforme. Grand arc dans la voie au milieu. Ordinairement sept waggons pleins montent sept waggons vides, et il y a un grand excédant de force.

Expérience XXII. Inclinaison presque uniforme. Voie droite. Ordinairement sept waggons pleins montent sept waggons vides, et il y a un grand excédant de force.

SEPTIÈME LEÇON.

Des sheeves, ou petites poulies.

Les sheeves ou poulies qui doivent soutenir et diriger le cordage, ont plusieurs formes. Les unes ont des gorges étroites, *fig.* 71, 72, 74, 78 ; les autres sont des cylindres terminés par des rebords, *fig.* 73, 77, 94 ; il y a aussi des cylindres verticaux, et des poulies placées obliquement dont l'axe n'est pas horizontal, *fig.* 82.

Toutes ces poulies en bois ou en fonte roulent sur des axes fixes en fer forgé de 15 à 20 millimètres de diamètre ; elles ont, sous le cordage, de 0m,18 à 0m,40 c. de diamètre : on les place de 6 et 8 mètres de distance.

Les sheeves diminuent le frottement de la corde, et l'empêchent de s'user aussi promptement que si elle traînait sur le sol : elles servent aussi à guider le cordage dans l'axe de la voie, lorsque les rails sont disposés en lignes courbes, et par conséquent empêchent la force motrice de tirer les waggons de côté.

Ces poulies éprouvent un frottement de rotation d'autant plus petit que le diamètre du fond de la gorge est grand par rapport à celui de l'axe ; et comme on ne peut diminuer ce dernier au-dessous de la grosseur nécessaire pour porter le poids de la poulie et de 6 à 8 mètres de corde qui est de 25 à 40 k., on augmente le plus possible le diamètre de la poulie. Mais, d'un autre côté, il faut que les poulies ne touchent ni les waggons qui passent au-dessus d'elles, ni le

terrain qui est au-dessous, ce qui limite leur diamètre à 0m,40 ou 0m,45 c. distance ordinaire entre le terrain et le dessous des waggons.

On a cependant essayé d'augmenter ce diamètre en abaissant le centre près du terrain que l'on creuse pour laisser tourner les parties inférieures de la poulie; mais cette petite fosse est bientôt remplie d'eau et de terre, et on est forcé d'entourer le bas de la poulie pour l'en préserver. *fig.* 71.

Les cordes sont des parties essentielles du mécanisme des plans inclinés. Leur diamètre varie de 0m,035 à 0m,06; leur poids de 1 k. 50 à 3 k. 50 par mètre, et leur tension de 500 k. à 1600 k.

Le frottement des cordes sur les poulies est une résistance importante à connaître. Si le contact n'avait lieu qu'en un seul point, le frottement serait semblable à celui des roues des waggons sur les rails. Mais il résulte de la forme des poulies que la corde, dont toutes les parties ont la même vitesse, touche à la fois les rebords et le fond de la gorge qui ont des vitesses différentes; il y a donc frottement ordinaire sur quelques points de la corde.

Dans l'évaluation qu'en a faite M. Wood, il y a compris celui des axes des poulies et des tambours, et la force nécessaire pour plier la corde qui enveloppe.

Pour déterminer toutes ces résistances ensemble, M. Wood pose l'équation du mouvement des trains descendant et montant sur un plan incliné self-acting, en faisant abstraction des différentes positions de la corde; il la met à peu près sous cette forme :

$$E = \left\{ \frac{\frac{M}{i} - \frac{m}{i} - \left(\frac{M+m}{180}\right) - F'}{M+m+\left(\frac{R+P}{2}\right)+C} \right\} \frac{g}{2.} t^2$$

M, étant le poids des waggons chargés descendant,

m, celui des waggons vides montant,

R, le poids de toutes leurs roues considérées comme cylindres pleins,

P, celui de toutes les poulies et du tambour, considéré de même,

C, celui de la corde,

E, l'espace parcouru pendant le temps t.

g, la gravité,

$1/_{180}$ le coefficient du frottement total des waggons,

F′, les frottemens de la corde, des axes des poulies, et tambour, etc., etc.

$\frac{1}{i}$ la pente du plan incliné.

Ensuite faisant sur la descente des trains plusieurs observations qui lui donnent E et t, il en déduit la valeur de F′

$$F' = \frac{M}{i} - \frac{m}{i} - \left(\frac{M+m}{180}\right) - \left\{ \frac{M+m+\frac{R+P}{2}+C}{\frac{g}{2}t^2} \right\}$$

Cette résistance est supposée agir dans la direction de la corde; M. Wood la rapporte à la circonférence des axes en la multipliant par la moyenne des rapports des diamètres des poulies et de leurs axes calculée proportionnellement aux pressions respectives; et il trouve, d'après neuf expériences, qu'elle varie entre le $1/_3$ et le $1/_4$ du poids total de la corde, des poulies et des tambours.

D'autres ingénieurs, MM. Locke et Stephenson, ont fait quelques expériences directes sur le frottement des cordes; ils ont fait descendre sur un plan incliné des chariots vides qui entraînaient diverses portions de cordes; lorsque la longueur était telle que la vitesse était à peu près uniforme, ils en concluaient que le frottement de la corde et des waggons était égale à la composante de leurs poids parallèles à la longueur du plan; le frottement des waggons étant connu d'ailleurs, il était facile d'avoir celui de la corde. Mais ils n'ont donné ni le diamètre de la corde mise en expérience, ni celui des axes et des poulies, ni le poids de ces dernières; on remarquera que cette manière de procéder à la détermination du frottement, suppose qu'il augmente bien plus que la vitesse, puisqu'on admet que le mouvement devient uniforme.

En mesurant le frottement à la circonfé-

rence des poulies, quatre expériences ont donné des coefficiens compris entre le $^1/_{10}$ et le $^1/_{12}$ du poids de la corde *seule*. Mais ce frottement dépend aussi du poids des petites poulies, qu'on peut supposer, sans grande erreur, égal à celui de la corde : il convient donc de l'évaluer en fraction d'une pression double, et alors les coefficiens ci-dessus deviennent $^1/_{20}$ et $^1/_{24}$. Si on rapporte le frottement à la circonférence des axes des poulies, il faut multiplier ces nombres par 12 (rapport ordinaire des diamètres), et ils deviennent $^1/_{1,7}$ et $^1/_{2}$.

Il est remarquable que MM. Stephenson et Locke aient trouvé un plus grand frottement, quoique leurs expériences ne comprennent pas des résistances qui se rencontraient dans celles de M. Wood, telles que la raideur de la corde, le frottement des tambours.

M. Walker, d'après deux expériences qu'il a faites sur le frottement des cordes mesuré à la circonférence des poulies, l'estime au $^1/_{22}$ de leur poids sans y comprendre celui des poulies.

D'après ces résultats qui diffèrent entre eux, et que l'on ne doit considérer que comme des aperçus, on pourrait peut-être supposer que la résistance des cordes et de leurs appareils, mesurée à la circonférence des petites poulies, c'est-à-dire dans la direction de la force qui tire les waggons, est le $^1/_{36}$ du poids de la corde des sheeves et des poulies, le rapport des diamètres des poulies et des axes étant d'environ $^1/_{12}$.

Les cordes rompent fréquemment, et on cherche à prévenir les accidens qui en peuvent résulter. Il n'y a aucun moyen de retenir les waggons descendans, si ce n'est le frein des roues; mais il y en a pour empêcher les trains montans de reculer.

1° On accroche à l'arrière du dernier waggon deux morceaux de bois de 2m.00 de longueur et 0m.10 d'équarissage, terminés par une pointe de fer qui traîne sur le plan incliné quand le chariot monte, et qui s'enfonce de plus en plus dans le terrain dès qu'il recule.

2° Ces deux pièces de bois sont quelquefois assemblées avec des barres de fer en croix de Saint-André, et forment une espèce de châssis qui suit le dernier waggon, *fig.* 84.

3° Aux plans inclinés des souterrains de Liverpool, on emploie deux gros coins de bois garnis de bandes de fer plat. Ils ont la forme de l'angle curviligne compris entre les roues et les rails; liés ensemble par des traverses, ils forment un traîneau glissant sur les rails et qui suit le dernier waggon auquel il est attaché; aussitôt que le waggon recule, le traîneau s'arrête, les coins se trouvent pris et serrés entre les roues, et les rails s'opposent à la descente du chariot, *fig.* 83.

Machine à vapeur stationnaire.

Lorsque les waggons chargés doivent remonter le plan incliné, il faut une force motrice, et c'est presque toujours la vapeur qu'on emploie. Voici en quoi consiste le mécanisme ordinaire.

Un tambour de 1m.50 à 4m.00 de diamètre et 1m.50 de longueur, selon la longueur de la corde, est placé à une petite distance du sommet du plan incliné, *fig.* 96. L'axe horizontal, perpendiculaire à la direction des rails, est assez élevé pour que les waggons puissent facilement passer sous le tambour.

Le tambour est enarbré avec une roue dentée dans laquelle engrène un pignon dont l'axe, qui porte un volant et un frein, est mu par la manivelle d'une machine à vapeur.

Le tambour peut tourner autour de son axe circulaire d'un bout à l'autre, ou glisser parallèlement à sa longueur : leur mouvement de rotation est solidaire ou indépendant, selon que des dentelures fixées d'une part au tambour et de l'autre à son axe sont engagées ou dégagées. Le tambour glisse sur l'axe à volonté au moyen d'un levier manœuvré par un homme.

Disposition des rails en supposant que le chemin de fer n'exige qu'une voie, *fig.* 90. 1° En bas du plan incliné deux voies pour la station et le croisement des waggons; 2° une seule voie sur le talus du plan jusqu'au sommet; 3° deux voies sur le palier entre le sommet du plan et la machine, dont l'une légèrement inclinée dans le sens du plan, et l'autre de niveau, *fig.* 96.

Manœuvre. Les waggons chargés étant à la station du bas ainsi qu'une des extrémités de la corde, on attache celle-ci aux vaggons, le tambour est engagé avec son axe, on fait marcher la machine à vapeur, le tambour tourne, se garnit de corde, et les waggons montent; arrivés au sommet, on décroche la corde, la vitesse acquise achève de les faire avancer sur le palier dans la voie droite, où ils restent jusqu'à ce qu'ils continuent leur voyage.

Pendant que les waggons chargés ont monté, les waggons vides ont été amenés jusque sous le tambour; de là ils sont poussés à bras sur la station du palier dans la voie gauche, qui, pour faciliter ce mouvement, a une légère inclinaison vers le plan; lorsqu'on a décroché la corde des waggons chargés qui viennent de monter, on l'accroche aux waggons vides. On dégage le tambour du mouvement de la machine à vapeur, on pousse les waggons vides sur le plan incliné, la gravité les entraîne, le tambour tourne librement autour de l'axe fixe, et les waggons descendent avec la corde.

Si l'activité du commerce exige qu'il y ait deux voies, on emploie deux tambours correspondant à chaque voie; ils tournent dans le même sens, mais une des cordes passe en dessus des tambours et l'autre en dessous, de sorte qu'une corde monte tandis que l'autre descend. La disposition des rails est la même que celle employée dans le système self-acting, *fig.* 92.

Au lieu des deux tambours, on peut, comme au plan self-acting, employer une grande poulie mue par une machine à vapeur, au moyen de roues d'angle. Ce mode, plus simple et plus économique, exige que le frottement de la corde autour de la roue surpasse l'excès de poids des waggons chargés sur les waggons vides, puisque dans le cas contraire la roue tournerait sans entraîner le cordage ni les waggons.

Si l'inclinaison du plan et le poids des waggons vides descendans sont tels que ces waggons ne puissent entraîner le cordage après eux, on ajoute au mécanisme précédent une grande poulie placée sous la station inférieure du plan, enveloppée d'une seconde corde dont une extrémité est attachée à l'arrière des waggons montans et l'autre à la tête des waggons vides; de cette manière, la machine à vapeur agit sur les waggons qui doivent descendre, et les tire en bas; ce qui a lieu alternativement sur chaque voie, *fig.* 91.

Un système à peu près semblable est employé pour monter et descendre, simultanément ou séparément, les waggons pleins et vides sur le plan incliné du chemin de Sainte-Hélène et du grand tunnel de Liverpool, *fig.* 98. Une corde sans fin, que nous considérons à partir du point O, est placée au milieu d'une des deux voies, pénètre sous terre, va en M, et enveloppe jusqu'en K une partie de la gorge supérieure d'une poulie B à deux gorges et de 3m.00 de diamètre; de K elle passe en R dans la gorge supérieure de la poulie C à deux gorges et de 2m.10 de diamètre: de R elle va en S, fait le demi-tour S I de la poulie D de même diamètre que C; de I revient en N et G dans les gorges inférieures des poulies C et B, en coupant diagonalement sa première direction enveloppe la poulie B de G en T, passe à la surface du terrain, suit le milieu de la seconde voie, rentre sous terre au bas du plan, pour en sortir de nouveau après avoir fait le demi-tour H P de la poulie A de 3m.00 de diamètre, et revient enfin rejoindre le point O.

Cette corde sans fin, dont la longueur varie avec l'humidité de l'atmosphère et avec l'usage, est maintenue dans un même degré de tension par un contre-poids E qui peut descendre dans un puits; au moyen de la poulie verticale U, il agit sur le centre de la poulie D, laquelle, fixée sur un chariot roulant sur des rails, suit toutes les variations de longueur de la corde.

Une machine à vapeur, au sommet du plan, fait tourner la poulie B au moyen d'engrenages coniques. Il en résulte pour la corde, dont le frottement est considérablement augmenté par le système des poulies que nous venons de décrire, un mouvement continu et dans des sens opposés sur chacune des deux voies. Pour monter un train, on se sert d'un autre petit cordage dont une extrémité est fixée au premier waggon ascendant, tandis que l'autre, contournée et serrée fortement autour du grand cordage, y tient par frottement et en suit les mouvemens.

Au plan incliné du petit souterrain de Liverpool, qui n'a qu'une voie, l'ascension des diligences se fait par la même machine à vapeur précédente placée au bas du plan et au moyen d'une poulie de renvoi fixée au sommet; lorsque deux trains doivent monter l'un après l'autre, l'extrémité de la corde qui a monté le premier est ramenée au bas par un cheval.

Si un seuil se rencontre sur la ligne d'un chemin de fer, que le sommet ait peu d'étendue et que les pentes soient suffisantes pour que les waggons vides puissent entraîner la corde dans leur descente, on peut n'employer qu'un seul tambour mu par une machine à vapeur.

Disposition des rails en supposant que le

chemin n'a qu'une voie : 1° double voie aux deux stations au bas de chaque plan incliné ; 2° voie simple sur chaque talus ; 3° deux voies sur le palier, chacune d'elles ayant une très-légère pente en sens inverse.

Manœuvre : un train de waggons étant à une station en bas du côté où la corde vient d'être descendue, on l'accroche au premier waggon qui doit monter ; le tambour étant engagé avec son axe, on fait marcher la machine qui monte les chariots. Lorsque ceux-ci arrivent au sommet du plan, on arrête la machine et on décroche la corde ; les waggons poussés à bras et aidés par la faible pente de la voie du palier descendent facilement jusque près du sommet de l'autre plan incliné ; pendant qu'ils s'y rendent avec une faible vitesse, on attache l'extrémité de la corde qui vient de monter derrière le dernier waggon, on dégage le tambour, on achève de pousser le train sur le commencement du talus de l'autre plan incliné, et les waggons descendent en traînant avec eux la corde, laquelle se dévide du tambour tournant autour de l'axe fixe.

Si le chemin est à double voie, on emploie deux tambours, et on dispose les rails, sur chaque plan incliné, comme dans le système self-acting.

On peut aider le mouvement de la machine par le poids des waggons descendans, ainsi qu'on l'a fait au double plan incliné de Brusselton. L'un de ces plans a 1592m. de longueur et une pente de $^{1}/_{33}$, l'autre 754m. et une pente de $_{1}/_{30,5}$. Ils sont séparés par un palier d'environ 100m. Il y a deux voies aux stations inférieures, deux voies au palier, avec légères pentes opposées, *fig.* 95, et une seule voie sur chaque talus. Celle du petit plan a, sur une grande longueur, la forme d'un arc de cercle dont le rayon, d'après les mesures que j'ai prises, est d'environ 780 mètres. Le grand talus qui est du côté des mines est toujours monté par les waggons chargés et descendu par les waggons vides : c'est le contraire pour le petit plan.

Deux tambours invariablement fixés sur un même axe en fonte de 0m.25 de diamètre, sont mus par une machine à vapeur de 60 chevaux placée au milieu du palier : l'un, de 4m.30 de diamètre, correspond au grand plan ; l'autre de 2m.00 au petit. Les circonférences sont à peu près dans le rapport des longueurs des plans, afin que les waggons puissent les parcourir à la fois dans le même temps. Les tambours tournent ensemble dans le même sens, mais la corde de l'un s'enroule quand celle de l'autre se déroule. La vitesse peut être modérée par un frein concentrique aux tambours d'environ 6m.50 de diamètre.

Manœuvre : un train de douze waggons chargés vient de monter le grand plan, pareil train de douze autres waggons vient de descendre le petit : lorsque celui-ci arrive en bas, le premier parvient au sommet en H, d'où, au moyen de la faible pente de la voie HB et après avoir décroché la grande corde, on le pousse facilement à bras jusqu'en BC, où on le laisse.

La grande corde décrochée est attachée à l'arrière de douze waggons vides qui ont stationné en D E pendant le mouvement précédent, et l'extrémité de la petite corde descendue est attachée à l'avant de douze autres waggons vides qui vont monter. On pousse le train D E sur le commencement du grand talus, on fait jouer la machine à vapeur, douze waggons vides descendent sur le grand plan, et douze autres montent sur le petit. Ceux-ci arrivent en G, quand les premiers sont en bas du grand plan ; de G au moyen de la faible pente ménagée dans la voie G E, et après avoir arrêté la machine et décroché la petite corde, on pousse ces waggons facilement à bras jusqu'en D E, où ils attendent.

Cette petite corde décrochée est attachée à l'arrière des douze waggons chargés que nous avons laissés en B C. L'extrémité de la grande corde descendue est attachée à l'avant de douze autres waggons chargés qui vont monter. On pousse le train B C sur le commencement du talus du petit plan, on fait jouer la machine à vapeur, et douze waggons chargés descendent le petit plan, tandis que douze autres montent sur le grand. Une série d'opérations semblables constitue le mouvement des plans inclinés de Brusselton.

J'ai observé que douze waggons chargés montaient le grand plan avec une vitesse d'environ 2m.90 ; il y a trois minutes de temps perdu pour décrocher et accrocher les cordes, ainsi il doit y avoir environ 30 ascensions par jour de douze heures ; ce qui s'accorde assez avec le mouvement commercial du chemin de Darlington, que l'on dit être aujourd'hui de 4 à 500 mille tonneaux de houille par an.

Si on suppose deux tambours et deux plans inclinés parfaitement égaux, si on fait

abstraction du poids des cordes, il y aura équilibre à chaque instant, et les frottemens seront les seules résistances à vaincre; toutefois, ces résistances peuvent exiger des forces motrices considérables. Au double plan incliné de Nullise, chemin de Roanne, où se rencontrent à peu près les circonstances que nous supposons, et où on croyait produire le mouvement au moyen d'un manége, on a été obligé d'employer une machine à vapeur de 25 chevaux.

Si dans les plans dont nous venons de parler, l'inclinaison n'était pas assez forte pour faire descendre la corde par le poids des chariots vides, on emploierait au bas des plans de grandes poulies horizontales, avec une troisième corde attachée à l'avant des chariots descendans, et à l'arrière des chariots montans.

Dans tous les plans inclinés, l'ensemble de la manœuvre exige que du sommet on aperçoive la partie inférieure, afin que l'on ne commence le mouvement que lorsque tout y est préparé. A cet effet, on fait des signaux avec une espèce de télégraphe élevé au bas du plan, ou, lorsque les obstacles intermédiaires empêchent la communication par signes, on transmet l'avertissement au moyen d'une longue ficelle et d'une sonnette.

Les dispositions précédentes donnent le moyen de franchir les fortes pentes; voici celles qui feraient parcourir toute une ligne de chemin de fer au moyen de machines à vapeur fixes.

On divise la ligne en parties de 2,000 à 2,500 mètres, et on place une machine à vapeur à chaque division. Supposons que le chemin n'a qu'une voie, soit A B C, *fig.* 93, trois stations à double voie et trois machines; chacune d'elles fait tourner deux tambours ayant même axe. Chaque train est tiré par une corde d'avant, et entraîne une corde d'arrière. Soit D et E deux trains allant en sens contraire, D marchant comme l'indique la flèche, est tiré par la corde d'avant *g* et par le tambour S engagé avec le mécanisme B; en même temps, ce train entraîne la corde d'arrière *f* qui se dévide du tambour U dégagé de l'action de la machine A; arrivé à *m*, il change de voie en allant vers *n o*, où on décroche les cordes d'avant et d'arrière, et le train marche seul ou est poussé à bras de *o* en *y*, où on a ménagé une très-petite pente; on l'arrête à *y*, où il attend.

Un autre train E tiré de E vers B, par la corde d'avant *h* et le tambour T engagé, entraîne la corde d'arrière *i* qui se déroule du tambour *z* dégagé. Quand ce train arrive en *p*, on décroche ses deux cordes, il change de voie et descend seul ou est poussé à bras de *p* en *e k* qui a une légère pente : on l'arrête en *e k*.

Alors la corde *r* est attachée à l'arrière du train D que nous avons laissé en *y*, et la corde *i* à son avant; le tambour T est dégagé de l'action de la machine B, et le tambour *z* réengagé tire à lui le train D.

De même la corde *g* est attachée à l'arrière du train E, que nous avons laissé en *e k*, et la corde *f* à son avant; le tambour S est dégagé de l'action de la machine B, le tambour U réengagé est mu par la machine A, et tire à lui le train E.

Les deux trains continueront à s'éloigner de plus en plus, par l'effet combiné d'autres machines au-delà de A et de C; tandis que deux autres trains qui viennent d'arriver à ces stations iront se croiser à la station B.

Tel est le mouvement de ce système, nommé *réciprocating*, de l'action réciproque de chaque tambour l'un par rapport à l'autre.

Au lieu de faire mouvoir les deux tambours de chaque machine l'un après l'autre, on peut les faire agir ensemble; ainsi les tambours S et T peuvent tirer à eux à la fois les trains E et D, auxquels sont toujours attachées deux cordes d'arrière *f* et *i* qui les suivent : ces trains se rencontrent et se croisent sous les tambours de la machine B; on détache toutes les cordes, la corde arrière d'un train devient la corde avant de l'autre, les tambours S et T sont dégagés tous deux, les tambours U et *z* engagés sont mis en mouvement et font avancer, le premier le train E vers A, le second le train D vers C; la machine B reste inactive. Cette manœuvre exige des machines plus puissantes.

Les deux procédés ont leurs inconvéniens; dans le premier, chaque train s'arrête pour en attendre un autre, dans le second, les trains marchent toujours, mais des machines plus fortes restent inactives.

Dans le système réciprocating il y a toujours une corde dans l'axe du railway, et lorsqu'on rencontre une grande route au même niveau, il faut préserver la corde de l'action des roues des voitures et des pieds des chevaux. Pour cela, on la fait passer dans des espèces de buses en bois ou en

fonte, dont le dessus peut tourner sur des gonds. Un enfant continuellement chargé du soin d'ouvrir et de fermer ce conduit, prévient les passans qu'un train va traverser la route.

Les machines fixes des chemins de fer sont généralement à haute pression et sans condensation; la manœuvre des waggons demande que le moteur agisse par intervalle, et avec plus d'énergie au commencement de chaque reprise du mouvement; les machines à condensation qui développent plus de force après quelques instans de jeu, paraissent donc moins propres que les premières aux mouvemens des plans inclinés.

En général, tout ce que nous avons dit des machines fixes et des plans inclinés ne s'applique pas aux chemins de grande vitesse; il en est de même du système récíprocating, où les waggons ne marchent qu'avec 3 ou 4m.00 de vitesse.

Résultats de quelques machines fixes employées aux plans inclinés

DÉSIGNATION.	FORCE des machines.	PLANS INCLINÉS.		DIAMÈTRE de la corde.	MOUVEMENT ordinaire.	
		LONGUEUR.	PENTE.		Poids des waggons chargés montans.	Vitesse moyenne.
	chevaux.	m.		m.	k.	m.
Liverpool.	50	1800	1/46	0,047	25000	3,90
Ste-Hélène-Runcorn.	40	400	1/30	0,047	24000	1,66
Canterbury. . . .	25	3000	1/76	0,043	40000	2,78
Idem.	25	1610	1/41	0,043	16800	3,57
Ivry (Épinac). . .	25	300	1/83	0,100 0,020	10800	0,50

NOTA. Il faut compter environ trois minutes de temps perdu entre chaque reprise de mouvement. La machine de Liverpool peut monter jusqu'à 40,000 kilog.; celle de Sainte-Hélène 32,000 kilog.; et celle d'Ivry 14,400 kilog. : à ce dernier plan la corde est plate.

HUITIÈME LEÇON.

Machines locomotives. Historique.

D'après M. Wood, il paraît que Watt, dès 1769, eut l'idée des locomotives sur les chemins ordinaires; il en est fait mention dans le brevet qu'il prit à cette époque, et dans un autre de 1784.

En 1802, MM. Trevithick et Vivian prirent patente pour une machine locomotive sur les railways. En 1804, ils en firent l'essai sur un rail-road des mines de Merthyr-Tydvil; alors on croyait que la retenue des roues sur les rails n'était pas suffisante pour faire mouvoir une locomotive traînant des waggons.

Ce fut pour y suppléer qu'en 1811, M. Blenkinsop plaça le long des rails du chemin de Middleton une crémaillère sur laquelle s'engrenait une roue dentée de la locomotive; ce procédé est encore en activité aujourd'hui.

En 1812, MM. William et Ed. Chapman prirent une patente pour mouvoir les locomotives au moyen d'une chaîne tendue dans l'axe des railways; elle faisait plusieurs tours sur un treuil ou passait dans la gorge d'une roue dentée, lesquels, mus par la machine, faisaient avancer ou reculer le système, la chaîne étant fixée aux deux extrémités. Ce procédé, essayé près de Newcastle, fut abandonné, le grand frottement usant la chaîne et la machine sortant souvent de la voie.

En 1813, M. Brunton prit une patente pour faire marcher des locomotives au moyen de deux jambes s'appuyant sur le terrain, et agissant comme celles d'un homme qui tire en se reculant.

Enfin on reconnut que la retenue des roues était suffisante pour permettre aux machines locomotives de traîner des waggons, quand les pentes étaient faibles, et

alors on ne chercha plus d'autres points d'appui.

Une machine locomotive est un chariot à quatre ou six roues, qui porte un foyer, une cheminée, une chaudière, et sur lequel sont fixés un ou deux cylindres à vapeur, dont les pistons font mouvoir des manivelles attachées aux roues ; l'élasticité de la vapeur produit l'effet d'un ressort comprimé dont une extrémité serait fixée au train du chariot et l'autre au rayon de la roue. Ce ressort, en se débandant, éloiguerait le point d'attache sur la roue du point d'attache sur le chariot, c'est-à-dire qu'il ferait tourner la roue et par conséquent avancer le chariot. On peut donc considérer la vapeur comme une force extérieure appliquée à la circonférence des roues, agissant parallèlement au rail.

Les waggons qu'on attachera à la locomotive lui opposeront une résistance égale à leur frottement, si le tout se meut sur un railway de niveau. On conçoit qu'il y aura un certain nombre de chariots qui empêchera la machine d'avancer, mais en augmentant la force de la vapeur, on pourra toujours faire tourner les roues, c'est-à-dire que celles-ci, au lieu de s'appliquer sur les rails, comme un cylindre qu'on développe sur un plan, tourneront sous la machine fixe, en glissant et frottant fortement contre les rails.

Si la locomotive monte, au lieu d'être sur un chemin de niveau, elle aura à vaincre, outre les frottemens, une partie de son poids et de celui des waggons. Il y aura donc une pente telle qu'elle ne pourrait faire monter aucun waggon ni même son propre poids, et l'action de la vapeur se bornerait à retenir la locomotive sur la pente en faisant tourner les roues dans la même place.

Ces effets dépendent de la retenue des roues sur les rails : si, à l'exemple d'une des premières inventions, les roues et les rails étaient dentés, le glissement des roues deviendrait impossible; on peut concevoir que la retenue vient de la pression et de l'engrenage des aspérités extrêmement petites des surfaces en contact. Quand les roues glissent, ces aspérités sont surmontées ou brisées. L'expérience apprend qu'effectivement les roues et les rails s'usent beaucoup quand les roues glissent, et qu'elles glissent d'autant plus facilement qu'il y a plus de boue, de neige ou de poussière sur les rails ; cette résistance est à son maximum quand ils sont entièrement secs ou mouillés, c'est le contraire de ce qui a été trouvé pour la résistance par développement.

Il est important de connaître la résistance de retenue qui règle la quantité de waggons que peut traîner une locomotive, et la pente qu'on ne peut dépasser dans le tracé. Si pour la déterminer on enrayait les roues d'une locomotive, et qu'on la tirât sur un railway, le frottement (égal au $\frac{1}{7}$ de la pression, d'après M. Morin) ne serait probablement pas le même que la retenue dont il s'agit, parce que les secousses imprimées par le mouvement de la machine altèrent la pression.

Pour en trouver la valeur, M. Wood a fait monter une locomotive sur une pente donnée, en lui faisant traîner autant de waggons qu'il était possible sans que les roues glissassent. Connaissant les poids des waggons et de la locomotive, l'inclinaison du chemin et les frottemens, il en a conclu le rapport de la résistance de retenue au poids de la machine; ces expériences directes ont donné en fraction de ce poids pour des rails en fonte :

Rails très-secs. . . pente $^1/_{104}$, les roues ne glissant pas, ... $^1/_9$.

Idem, en mauvais état et avec boue, pente $^1/_{324}$, vitesse 1,77, roues glissant très-peu, ... $^1/_{21}$.

D'autres ingénieurs ont trouvé en opérant de même :

Rails humides et avec poussière de charbon, les roues glissant . . . . $^1/_{20}$.

Idem. idem. les roues ne glissant pas $^1/_{14}$.

Idem. avec une autre machine. . . les roues glissant très-peu, ... $^1/_{16}$.

Idem. . . . *idem.* . . . . *idem.* . . . $^1/_{18}$.

Des observations de plusieurs années sur les machines de Killingworth ont donné à M. Wood un rapport moyen de $^1/_{20}$ en beau temps, et de $^1/_{25}$ par le plus mauvais temps; et eu égard à ce que les nouvelles machines sont plus perfectionnées, il admet, comme règle pratique, qu'en toute saison le tirage d'une locomotive peut être le $^1/_{20}$ de son poids.

Les données expérimentales suivantes font présumer que dans la plupart des cas, ce rapport est un minimum.

Tirage de locomotives en fractions de leur poids.				
NOM DU CHEMIN.	PENTE EN		VITESSE.	TIRAGE.
	MONTANT.	DESCENDANT.		
			m.	
Darlington.	....	en descend.	...	1/18
idem.	1/100	....	1,77	1/15
Bolton.	1/430	....	2,66	1/22
Liverpool.	1/600	....	...	1/17
idem.	1/89	....	4,00	1/21
idem.	1/96	....	...	1/21
idem.	1/96	....	3,55	1/12
Sainte-Hélène Runcorn.	1/30	....	...	1/10
Roanne.	1/22	....	5,50	1/9

Nota. Les deux derniers exemples ne se rapportent pas à un mouvement habituel et doivent être regardés comme des faits exceptionnels.

Dans la détermination de tous les rapports précédens, le coefficient du frottement total des waggons et de la machine a été supposé, il n'a point été reconnu par une observation particulière aux rails parcourus dans chaque expérience. Or ce frottement varie suivant l'état des rails ; il reste donc de l'incertitude sur l'évaluation du rapport précité.

L'état des rails influe doublement sur le résultat des expériences, puisque les mêmes causes qui diminuent la retenue des roues des locomotives augmentent le frottement total des waggons. Ainsi nous voyons dans le rapport du second semestre de 1833, sur le chemin de Liverpool, que le temps orageux de l'hiver dernier rendait les rails tellement boueux qu'il fallait souvent ajouter une locomotive de renfort, *même sur les parties de niveau.*

En admettant le rapport de 1/20 pour la retenue d'une locomotive, et celui de 1/200 pour le frottement total, et nommant :

$\frac{1}{m}$ la plus grande pente cherchée d'un railway ;

L, le poids d'une locomotive ;

W, celui des waggons, on a

$$\frac{L}{20} = \frac{L + W}{200} + \frac{L + W}{m}$$

$$\text{d'où} \quad \frac{1}{m} = \frac{9L - W}{200(L + W)} \text{ (1)}$$

La quantité d'action utile d'une machine locomotive de dix chevaux a été estimée moyennement par M. Wood, à 20 ou 28 tonneaux transportés avec $6^{m}{\cdot}70$ de vitesse.

Voici les résultats des transports et des dépenses des locomotives du chemin de Liverpool pendant les deux dernières années.

(1) Formule du Cours de Machines de M. Navier, pag. 151.

ANNÉES.	DÉPENSES d'un semestre.	TONNEAUX EN		NOMBRE de trains en		Prix par tonneau et par lieue 4000m. non compris retour à vide.	
		Voyageurs	Marchandises.	Voyageurs.	Marchandises.	Voyageurs.	Marchandises.
	f.	to.	to.			f.	f.
1832	264500	13900	64000	2636	2482	0,792	0,172
	316100	14600	90000	3363	1890	0,901	0,146
1833	367800	13600	111000	3262	2244	1,126	0,138
	349100	17000	113000	3253	2587	0,855	0,128

NOTA. Il y a à-peu-près dix machines de 24 chevaux roulant sur le chemin. La distance parcourue est de 48000m. On a supposé un poids de 80 k. par voyageur. La vitesse moyenne est de 8m,00 pour les voyageurs et de 5m,00 pour les marchandises.

Chaque machine de 24 chevaux a donc pu transporter 49 tonneaux avec environ 5m.00 de vitesse, ce qui s'éloigne peu des données de M. Wood.

Les rapports publiés par la compagnie d'où sont extraites les données précédentes, ne distinguent pas les dépenses de locomotion des voyageurs de celles des marchandises. Si les vitesses étaient les mêmes, les dépenses seraient en raison du nombre de trains; mais il y a des frais proportionnels au temps du mouvement comme ceux du coke et des conducteurs, et d'autres en raison inverse, comme les réparations des machines qui se détériorent d'autant plus qu'elles marchent rapidement. Les dernières colonnes du tableau ont été calculées en partageant les dépenses par moitié.

Si on admet les résultats du second semestre de 1833, on voit que le tonneau des marchandises transporté à 4000m avec 5m de vitesse coûte 0f.13 et 0f.85 pour les voyageurs transportés avec 8m.00 de vitesse. Sur le chemin de Darlington, il paraît que ce prix ne s'élève qu'à 0f.10 pour les marchandises mues avec 4 à 5m de vitesse; mais il ne faut pas perdre de vue qu'il s'agit uniquement des frais de la force motrice, et qu'il faudrait les doubler pour les marchandises et les tripler pour les voyageurs, s'il s'agissait du coût total du transport sur le railway de Liverpool.

Ces données, comparées à celles de même nature pour le moteur cheval, établiraient le rapport des dépenses des deux modes de transport à différentes vitesses, s'il n'y manquait quelques élémens essentiels, notamment la détérioration du chemin, dont l'entretien est d'autant plus dispendieux que la vitesse est grande, mais dont la valeur encore peu connue pour chaque degré de vélocité rend la conclusion incertaine.

Cette comparaison nous conduit naturellement à parler des dégradations et de l'entretien des railways.

Des effets du roulage sur les railways.

Dans le roulage des chemins de fer, comme sur nos routes, le moteur et les véhicules sont actifs et amènent la destruction; mais les railways, moins passifs que les chaussées, réagissent en résistant : l'action et la réaction méritent d'être examinées.

L'action des waggons consiste à heurter les rails aux joints, à les écarter, à les faire plier, et même à les rompre; à ébranler les stones, à les pousser et à les enfoncer.

Quand on voyage sur un chemin de fer on ressent ou on entend un petit choc qui a lieu à chaque joint; bien que deux rails s'affleurent parfaitement, le petit jeu qui est entre eux suffit pour que l'application de la jante de la roue ne se fasse pas avec continuité et qu'il y ait choc dans le passage d'un rail à l'autre.

La percussion est plus marquée s'il y a différence de niveau entre les extrémités des rails. Quand la roue s'élève sur la saillie, le choc est plus fort que lorsqu'elle en descend; c'est un fait que j'ai souvent eu lieu de constater. Dans le premier cas, le choc a lieu avant que le centre de la roue ait passé verticalement sur le joint, et le rail sur lequel elle va rouler est poussé avant que la roue ait monté dessus. Dans le second cas, la secousse a lieu après que le centre de la roue a passé sur le joint, et le rail

qu'elle quitte est faiblement repoussé en arrière au moment où la roue tombe.

Ainsi les rails qui font saillie tendent toujours à avancer dans un même sens, quelle que soit la direction des waggons; et comme il y a à peu près autant de rails qui font saillie dans un sens que dans l'autre, les effets peuvent se compenser. Mais si la pente est forte, si le commerce descendant est prédominant, les waggons descendans heurtent les rails saillans avec plus de vitesse et plus de masses que les waggons montans. Les rails se poussent donc plus d'un côté que d'un autre et ont tous une marche progressive vers l'aval.

Au chemin de Lyon, tous les rails ont avancé de Saint-Etienne vers Rives-de-Gier, et même de Rives-de-Gier vers Givors, en glissant dans les chairs dont ils sont près de sortir sur plusieurs points; toutefois à la cause précédente, il faut ajouter l'entraînement des rails par les roues, car dans cette partie du chemin, qui n'est qu'une suite de sinuosités, les deux roues jumelles, pour avoir la même vitesse, glissent ou frottent sur les rails et les entraînent plutôt en aval qu'en amont; le frottement latéral est aussi plus considérable quand les waggons descendent, à cause de la grande vitesse et de la force centrifuge.

La marche des rails, qui prouve la force avec laquelle sont poussés les chairs et les stones, est un mouvement difficile à arrêter; il paraît qu'il n'a pas lieu quand les rails sont retenus dans les chairs par des chevilles transversales ou par des coins de fer. On cherche à y remédier au chemin de Lyon, en donnant au patin des chairs de joints une saillie contre laquelle butte l'extrémité des rails échancrée à cet effet, *fig*. 103. Un rail ne sera donc retenu que par la résistance latérale d'un seul stone contre le terrain. L'expérience apprendra si elle sera suffisante.

Les roues des waggons produisent l'écartement des rails en s'approchant plus d'une ligne que de l'autre. Les rebords poussent chaque rail en dehors, ce qui augmente la voie. Cette pression latérale est démontrée par l'usure des roues, qui a lieu principalement dans l'angle de la jante et du rebord.

Plusieurs causes jettent les waggons de côté :

1° La force centrifuge, dans les parties courbes;

2° Le vent, lorsque sa direction n'est point parallèle aux rails;

3° Le roulis des chariots, lorsque les rails des deux lignes ne sont pas de niveau sous un essieu;

4° Les roues mal cintrées;

5° Les changemens de voie;

6° La traction des waggons les uns par les autres, lorsqu'ils s'arrêtent, se mettent en mouvement ou augmentent brusquement de vitesse; car le tirage ne se faisant pas toujours dans la direction des centres de gravité, quel que soit le mode d'attache, les waggons pivotent et poussent les rails en dehors des deux côtés.

La flexion des rails, et surtout l'enfoncement des stones, sont les détériorations les plus funestes et les plus fréquentes des chemins de fer; elles sont devenues très-fortes depuis qu'on emploie des machines locomotives, et elles ont augmenté dans une progression inattendue, quand on les a fait marcher avec des vitesses de 14m à 26m.00.

Examinons en détail l'effet du roulage sur les rails et les stones.

Soit un railway de niveau, système de Liverpool, rails de 4m.55 soutenus et serrés sur chaque stone dans les chairs à 0m.91 d'intervalle; supposons que le terrain a une résistance uniforme mais non suffisante; on doit croire que le stone de joints s'enfoncera plus que les autres, car le point de la ligne des rails où il y a solution de continuité est le plus faible. Si ce stone s'enfonce, le rail qui s'appuie sur lui au passage d'un waggon, se courbera et deviendra convexe près du stone adjacent.

D'un autre côté, le sol fléchissant sous les stones du milieu, le rail pliera dans cette partie sous le poids des waggons, et ensuite se rétablira dans son état primitif par l'élasticité propre du fer, et parce qu'il y est rappelé par les chairs qui le retiennent fortement, comme le prouvent les expériences de M. Wood (pag. 457). Le milieu du rail se redressera donc dans les mêmes circonstances où l'extrémité aurait éprouvé une courbure permanente, et *même il relèvera le stone abaissé*.

Ainsi au passage de chaque waggon, le stone s'enfonce et se relève, le terrain pilonné baisse de plus en plus, ainsi que le stone; le mal s'aggrave s'il y a de l'eau dans le sol ou à la superficie; elle s'introduit avec promptitude dans l'espace vide que le stone laisse sous lui, y séjourne, amollit le terrain, et le stone s'y enfonce encore plus.

Tel est à peu près ce qui se passe, et ce

que l'on peut observer, en examinant attentivement le mouvement des stones et des rails sous les waggons après de grandes pluies.

Ainsi le milieu du rail, qui paraît devoir résister plus que les extrémités, peut au contraire s'enfoncer davantage par cela même qu'il se relève plus facilement que les bouts. Un rail qui est dans ce cas devient très-concave au moment où un waggon est dans le milieu; le joint s'ouvre en haut, les angles se relèvent et peuvent faire une saillie contre laquelle heurtent les secondes roues du même waggon, ou celles du waggon qui le suit. Cela explique comment il peut y avoir des chocs assez forts lors du mouvement des chariots, bien que le chemin paraisse uni avant leur passage; surtout lorsque le patin des chairs de joints n'est pas convexe, précaution qui paraît bonne pour prévenir l'effet dont nous parlons, et qu'on a prise au chemin de Leeds et Selby, *fig.* 23.

Remarquons que la courbure permanente que prendrait un rail, par la cause que nous venons d'examiner, ne détruisant pas toute l'élasticité, l'effet du pilonnage aurait toujours lieu; le rail se courberait de plus en plus et la détérioration du chemin augmenterait.

La flexion des rails et l'enfoncement des stones ou des traverses en bois, sont des faits d'observation; non-seulement les rails fléchissent dans toute leur longueur, mais même entre deux appuis. Sur le pont en maçonnerie de Manchester, j'ai vu des rails plier sensiblement sous le poids d'une locomotive qui venait avec son allége se placer à la tête d'un train; elle ne marchait pas plus vite qu'un homme au pas. A l'instant où une des roues allait passer sur un joint, on voyait le rail qu'elle quittait se relever; dès qu'elle avait dépassé le joint, on voyait baisser le rail sur lequel elle commençait à peser; le joint restait constamment à la même hauteur. Ces mouvemens, très-sensibles pour certains rails, nuls pour d'autres, et qui ne se faisaient point remarquer lors du passage de l'allége, étaient faciles à observer en cet endroit du chemin qui est entièrement pavé.

Aux chemins de Darlington, de Lyon, de Roanne, j'ai vu les rails plier sous le poids des locomotives et même quelquefois sous celui des alléges et des waggons.

Au chemin d'Epinac les rails plient au passage des waggons.

Cependant les expériences rapportées par M. Wood, et le calcul, n'indiquent, pour les poids dont il s'agit, que des flexions insensibles à l'œil; mais l'action d'une masse en mouvement sur les rails ne peut être assimilée à celle d'un poids en repos. Nous verrons d'ailleurs que la pression et la flexion peuvent être augmentées par la vitesse.

En supposant la résistance du terrain uniforme, on peut admettre que l'excès d'enfoncement des stones du milieu sur celui des joints sera le même dans chaque ligne d'une voie; en conséquence, si les joints sont vis-à-vis les uns des autres, comme au chemin de Lyon, les ondulations des deux lignes se correspondront; et si les joints alternent, les convexités d'une ligne seront vis-à-vis les concavités de l'autre, *fig.* 100. Cette dernière disposition adoptée dans l'origine au chemin de Liverpool, explique peut-être les oscillations horizontales des chars, qui ont lieu si fortement dans certaines parties. L'amplitude est quelquefois de 0m.07 et le nombre de 100 par minute.

On doit se représenter une ligne de rails en fer malléable, non comme droite, mais comme ondulée verticalement. Les courbures sont plus ou moins prononcées selon l'enfoncement des stones, la force des rails, la fatigue du chemin et son état d'entretien.

On doit aussi supposer que le centre d'inertie d'un waggon parcourt une ligne ondulée à double courbure.

La flexion des rails et l'enfoncement des stones augmentent avec la vitesse du transport à cause des ondulations verticales. Considérons un waggon qui descend dans l'angle formé par deux plans inclinés opposés; au moment où les roues rencontrent le plan sur lequel elles montent, il supporte, outre le poids du waggon, l'action de la composante de la vitesse perpendiculaire à ce plan, action d'autant plus forte que la vitesse est plus grande; quoique la déformation d'un rail qui a fléchi ne présente pas un angle aussi prononcé, il y a action semblable du waggon sur la partie du rail où il va monter; dans le cas où la courbure est régulière, il y a un surcroît de pression dû à la force centrifuge qui augmente comme le carré de la vitesse. Avec les ondulations et les vitesses qui ont lieu quelquefois, le poids des masses roulantes est presque doublé; ainsi, en supposant que la courbure soit celle d'un arc de cercle de 0m.002 de flèche et 0m.90 de corde, dont le rayon est

de 50 mètres, l'augmentation de pression due à la force centrifuge, pour une vitesse de 20 mètres, serait $\frac{v^2}{gr} = \frac{(20)^2}{9{\cdot}80\times500}$, 81 du poids roulant.

Il peut y avoir des circonstances où la grande vitesse fait tomber les roues sur le milieu de l'intervalle des appuis. Supposons 1°, que le premier stone après celui du joint se soit enfoncé, et que le rail courbé ait baissé à ce point de 0m.003 : 2°, que l'extrémité du rail précédent dépasse celle du rail courbé de 0m.002, *fig.* 101. Si la vitesse est de 13 à 14 mètres, la roue, après avoir quitté le rail élevé, s'avancera sans toucher le rail courbé, jusqu'à ce qu'elle tombe sur lui à environ 0m.38 du joint, distance de l'intersection de la parabole décrite par la roue, avec la courbure du rail, supposée un arc de cercle.

Une autre disposition qui produit le même effet est celle où le stone de joint est plus élevé que les deux stones adjacens, *fig.* 102 : la roue, dans le cas d'une très-grande vitesse, s'élève en quittant le joint, et retombe sur le rail un peu plus loin.

La grande vitesse produit encore un autre effet destructeur sur les chemins en fer malléable. Les rails, les chairs et les stones forment un ensemble dont l'élasticité est démontrée par les oscillations verticales qu'on observe au passage des trains. On peut les attribuer en partie à l'élasticité du terrain; mais en somme ces oscillations sont très-fortes sur la terre, les remblais et les traverses en bois; elles sont produites par l'action successive des roues sur les rails, qui, après avoir fléchi, reviennent à leur première position. On conçoit que, selon le temps que les parties abaissées mettent à se relever, l'arrivée d'une nouvelle masse sur elles peut coïncider avec le commencement ou le maximum de la vitesse ascendante. Dans le premier cas, la roue descend dans la concavité du rail qui fléchit davantage, et la courbure augmente à chaque waggon; dans le second, il y a secousse violente entre le rail et le waggon, qui se pressent en sens contraire.

L'effet est analogue à ce qui a lieu quand on marche sur un madrier posé en travers d'un large fossé; si on règle son pas sur les balancemens du madrier, on éprouve peu de secousses, et le madrier plie de plus en plus; s'il n'y a point accord entre les pas et les oscillations, on ressent une violente réaction.

Ainsi dans le transport sur les railways élastiques, si les roues mettent moins de temps à se succéder que les rails n'en mettent à se relever, les effets destructeurs dont nous venons de parler auront lieu, et se reproduiront d'autant plus que la vitesse des waggons sera grande. Au chemin de Liverpool toutes les roues d'un train sont à-peu-près à 1m.80 d'intervalle, et la vitesse étant quelquefois de 20m.00, on voit qu'alors elles se succèdent à chaque onzième de seconde.

Réparation des railways.

La réparation la plus fréquente des railways est l'exhaussement des stones enfoncés; lorsqu'elle ne s'applique qu'à quelques stones, on peut l'exécuter sans interrompre le mouvement du chemin. L'opération consiste à déchausser le stone et à le soulever doucement avec un grand levier destiné à cet usage, *fig.* 89 *bis*. Pendant qu'il est ainsi soutenu d'un côté, un homme, au moyen d'une pioche qui a un bout plat coupé carrément, *fig.* 89 *ter*, pousse la terre sous le stone, et l'y comprime fortement. Cette manœuvre, exécutée sur deux ou quatre faces, relève le stone très-peu à chaque fois, et sans qu'il sorte des alignemens où il doit rester.

Lorsqu'on doit relever les stones sur de longues parties d'un chemin, ou parce que le sol a permis l'enfoncement, ou parce que la masse générale du terrain a tassé, il faut prévoir l'urgence de la réparation, et préparer un chemin latéral pour suppléer au premier pendant la réfection.

Les accidens qui arrivent aux stones, outre l'enfoncement, sont les ruptures par la gelée ou par la dilatation des chevilles de bois, quand la pierre n'a pas assez de consistance. La plupart des stones du chemin de Liverpool, en grès rouge, ont éclaté. On a dû les remplacer par des stones d'un calcaire très-dur du Cumberland.

Lorsque des rails sont hors de la voie ou défectueux ou même brisés, on peut facilement les redresser ou les remplacer en enlevant les coins.

Les accidens qui arrivent aux chairs dépendent de leur forme et de la nature des coins. Au railway de Liverpool on voit une très-grande quantité de chairs cassés : la rupture a eu lieu à la *joue*, et a été pro-

duite par les coins de fer chassés avec trop de force et quelquefois par le choc des rebords des roues. Au chemin de Lyon, où il y a des secousses assez fortes, les forces vives sont en partie usées par l'élasticité des coins de bois, et on ne voit presque point de chairs cassés aux joues, quoiqu'ils soient beaucoup plus faibles qu'à Liverpool. On avait d'abord employé les coins en fer; mais on y a renoncé, parce qu'ils avaient fait casser beaucoup de chairs à la pose des rails. Lorsque les coins sont très-aigus, ils entrent avec une grande facilité, et un coup de marteau appliqué un peu trop fort fait partir la joue.

Les chairs rompent aussi dans le patin, quand ils portent à faux sur le stone : cela arrive ordinairement aux chemins de Roanne, de Lyon et de Saint-Étienne, où les stones sont en granit excessivement dur et difficile à bien dresser. A Roanne on a posé quelques chairs sur une planchette de bois.

L'écoulement de l'eau est un point essentiel de la conservation des chemins de fer. En général, ils n'ont que de très-faibles pentes en longueur, et ce n'est pas dans ce sens qu'on peut espérer de se débarrasser des eaux pluviales, excepté sur les plans inclinés. Il faut donc rejeter les eaux latéralement; et comme les rails forment un obstacle non interrompu qui retient l'eau dans le milieu de la voie, il faut nécessairement pratiquer de petits caniveaux sous les rails entre les stones.

Lorsqu'il n'y a qu'une voie, on fait les caniveaux sous une ligne de rails, du côté de la pente générale du terrain; quand il y a deux voies, on est obligé, à cause de l'entrevoie, de pratiquer les caniveaux au moins sous trois lignes de rail.

Lorsque le terrain est de nature à absorber ou à laisser infiltrer l'eau de la pluie très-promptement, les caniveaux deviennent inutiles; c'est ce qu'on peut remarquer aux railways d'Angleterre sur remblai de schiste, de scorie ou même de houille, et au chemin sur gravier entre Lyon et Givors. Mais si le sol est gras et s'il y a des flaques après la pluie, il faut dresser le terrain en pente à partir de chaque stone, *fig.* 14, pour en éloigner l'eau : à la rencontre des deux pentes on fait un caniveau qui a une légère inclinaison transversale à l'axe du railway et porte l'eau à l'extérieur.

Plus les caniveaux sont profonds, plus ils sont favorables à l'écoulement, mais aussi plus ils affaiblissent la résistance latérale du terrain contre les stones qui ont besoin de cet appui. On a remédié heureusement à cet inconvénient au chemin de Roanne, en remplissant les caniveaux de cailloux arrondis; ils soutiennent les terres tout en laissant filtrer l'eau facilement, *fig.* 24.

Il en est de l'entretien des railways comme de celui des routes; on ne conserve la viabilité, on n'arrête à temps le progrès des dégradations qu'au moyen de réparations continuelles. Elles ne peuvent être exécutées par des ouvriers isolés, il faut des ateliers de deux ou trois hommes réunis. C'est ainsi qu'ils sont disposés sur les chemins de Darlington et de Liverpool : sur ce dernier, il y a à peu près deux ouvriers par 1200m.00 de voie simple; il y a en outre des hommes à poste fixe chargés de tenir libre le passage des rebords des roues et de nettoyer le dessus des rails.

Il est encore bien difficile d'assigner la dépense d'entretien des chemins de fer, bien qu'ils aient entre eux plus de similitude que les routes ordinaires; on voit qu'à même fatigue, il y a des différences dans les dimensions des rails et des stones, dans le système d'attache des chairs et enfin dans la résistance du sol. Voici quelques aperçus qui serviront de points de comparaison.

Entretien des railways.

CHEMINS.	MOTEUR.	POIDS DES		TONNAGE moyen.		VITESSE moyenne.		PRIX du mètre de voie simple.
		Waggons.	Locomotives.	Marchandises.	Voyageurs.	Marchandises.	Voyageurs.	
		tonn.	tonn.	tonn.	tonn.	mèt.	mèt.	Main-d'œuvre. fr.
Darlington, partie supérieure..	cheval.....	4	»	100,000	»	0,90	»	0,48
Idem partie infre.	locomotive.	4	7,5	450,000	»	5,00	7,00	1,08
Glascow........	*idem*......	3,7	5 et 10	96,000	6,000	3,70	7,10	0,54
Liverpool.......	*idem*......	5	8 et 12	220,000	32,000	5,4	7 et 10	1,98
Lyon..........	chev. et loc.	4	6,5	200,000	16,000	3,9	4 et 8	0,54
								Main-d'œuvre et matériaux. fr.
Liverpool.......	locomotive.	5	8 et 12	220,000	32,000	5,4	7 et 10	3,28
Swannington....	*idem*......	»	7,5	70,000	7,000	6,6	6,6	1,17
Warrington.....	*idem*......	4	7,5	70,000	»	5,0	5,0	1,17
Lyon..........	chev. et loc.	4	6,5	200,000	16,000	3,9	4 et 8	0,84

NEUVIÈME LEÇON.

Du tracé des chemins de fer.

Il nous reste à parler du tracé des chemins de fer, c'est-à-dire des alignemens et de la distribution des pentes.

Nous n'avons rien à dire des chemins de service; ces chemins, de peu d'étendue et de peu de durée, sont tellement appropriés à l'extraction et à l'emploi des matériaux qu'ils transportent, au genre de construction qu'ils desservent, que la spécialité décide tout.

Quant aux chemins de plusieurs lieues de longueur, destinés au transport des marchandises ou des personnes, ou de tous les deux à la fois, la question est susceptible de quelques généralités. Mais la solution est aussi incertaine, parce que les procédés de l'art n'ont point encore reçu la sanction du temps et de l'expérience, et sont trop récens pour être stables.

Peut-être pourrait-on dire que le tracé d'un railway est un problème de mécanique. Tout tracé de chemin suppose la connaissance du moteur et des véhicules qui doivent y être employés; c'est ainsi que les largeurs, les pentes et les courbes des routes ont successivement changé selon qu'elles ont dû être parcourues par les bêtes de somme, les charrettes et les diligences; encore aujourd'hui nous les modifions souvent dans l'intérêt des voitures de grandes vitesses. Dans l'état actuel de nos connaissances sur les chemins de fer, la vitesse des véhicules n'est rien moins qu'arrêtée; on ne peut dire quelle est celle qui convient le mieux, car l'entretien très-dispendieux des machines et des railways de grande vitesse peut élever les prix du transport au-delà des sacrifices que le public est porté à faire pour voyager plus vite qu'avec des chevaux.

Plusieurs ingénieurs anglais pensent que lorsque la vitesse ne dépasse pas $4^{m}.50$ (4 lieues à l'heure), l'emploi des chevaux est plus économique. Au-delà de cette vitesse les opinions sont divergentes, et la question sera sans doute indécise tant qu'on ne sera pas éclairé sur les véritables dépenses des locomotives de grandes vitesses.

Pour connaître l'entretien des locomotives, il faudrait que leur construction fût moins variable : chaque jour amène des changemens notables dans ces appareils moteurs : il n'y a encore rien de fixe dans l'agencement des roues, ni dans leur jeu, leur diamètre et leur nombre. La force des machines, qui était de 8 à 10 chevaux il y a quatre ans, a augmenté successivement jusqu'à 50. Le poids, d'abord limité à $4^{to.}\,{}^{1}/_{2}$ pour les machines sur quatre roues, a été presque triplé depuis; ensuite on est revenu à un poids moyen, puis enfin on paraît

disposé à adopter des poids plus considérables. L'appareil calorifère et celui de la vaporisation n'ont pas eu moins de variations.

Tant de changemens ne doivent point étonner dans un moteur de création toute récente; il devait subir et subira encore beaucoup de modifications.

Les mêmes réflexions s'appliquent aux railways. La force des rails, des chairs, des stones augmente avec le poids de la vitesse des locomotives. Le système du chemin a des modifications qui lui sont propres; des ingénieurs proposent des assemblages de chairs qui rendent les stones susceptibles de mobilité comme un genou de Cardan; d'autres veulent établir les rails sur longrines en bois et massif général de maçonnerie, etc., etc.

Toutefois, si l'on ignore le chiffre de l'entretien des machines et des chemins, on ne doute pas de l'excessive détérioration que leur fait éprouver la grande vitesse. On ne doit donc adopter celle-ci qu'avec réserve, et lorsqu'il est bien prouvé que les avantages surpasseront les inconvéniens.

C'est ce qui nous semble justifier la distinction que nous avons faite, au commencement de ces leçons, des chemins de fer destinés aux marchandises, de ceux destinés aux voyageurs; car il est évident que la vitesse utile et désirée n'est pas la même dans les deux cas; et il paraît abusif de transporter les marchandises aussi vite que les voyageurs.

Le temps des hommes d'affaires est précieux; on peut considérer leur personne comme un capital à haut intérêt qui a plus de valeur que la plupart des marchandises de même poids. On doit donc chercher à abréger le temps de leur voyage perdu pour eux et pour la société.

En général, il n'en est pas de même des marchandises : non-seulement elles ont une moins grande valeur relative, mais, par la nature de leur emploi, elles restent plus ou moins long-temps en dépôt après être arrivées. Ainsi on peut dire, à quelques exceptions près, que le temps (ou l'intérêt) perdu en transportant les marchandises moins promptement qu'avec des locomotives de grande vitesse, peut être négligé relativement à celui que perdent ces mêmes marchandises en magasin après être arrivées, d'où résulte l'inutilité d'un transport rapide et dispendieux.

On dit qu'il y a souvent à Manchester, dans les magasins du railway de Liverpool, pour 2,500,000 fr. de coton : c'est à peu près ce qui arrive en trois jours; il paraît évident que ces valeurs n'auraient rien perdu à rester quelques heures de plus sur le chemin, puisqu'elles seraient restées quelques heures de moins sous les hangars de la compagnie; et véritablement on ne concevrait pas pourquoi on transporte la houille aussi promptement sur ce railway, si un mouvement plus lent n'entravait celui des voyageurs qui ont besoin de la libre circulation des deux voies.

On objectera peut-être que l'existence du roulage accéléré en France démontre l'importance de la vitesse. Mais ce transport s'applique à peu de marchandises; le tonnage accéléré n'est au plus, sur les routes où il a lieu, que le quart de celui du roulage ordinaire, ce qui ne pourrait justifier ni soutenir l'établissement d'un chemin de fer de grande vitesse.

En second lieu, comme la vitesse ordinaire sur les chemins de fer sera au moins égale à celle du roulage accéléré, la question est de savoir si à partir de cette vitesse les avantages croîtraient en raison de l'augmentation de rapidité et des dépenses qu'elle occasionnerait, ce qui n'est pas probable.

Enfin les marchandises qui pourraient supporter un péage élevé, parce qu'elles auraient beaucoup de valeur, sont, par cela même, d'un petit tonnage, et peuvent être assimilées aux voyageurs.

Au surplus, nous n'entendons point poser ici une règle sans exception; ainsi pour les bestiaux, pour les comestibles, pour les marchandises destinées aux cargaisons des vaisseaux ne partant qu'à de longs intervalles, et dans quelques autres cas, la grande vitesse a des avantages particuliers.

Revenons aux moteurs, et remarquons qu'à l'égard des avantages attribués aux chevaux pour les vitesses moyennes, il semble qu'il y a désaccord entre l'opinion et les faits.

Aux mines de Middleton le transport s'exécute depuis 20 ans avec des locomotives à l'exclusion des chevaux. Au chemin de Darlington, les chevaux sont employés sur des parties et les locomotives sur d'autres; tout récemment les chevaux de la diligence de Darlington à Stockton ont été remplacés par des locomotives, lesquelles, à cause de la faiblesse des rails, ne vont guère plus vite

que les chevaux. Aux chemins de Hetton, Killingworth, Sainte-Hélène, Whitstable, on emploie les deux moteurs.

En France nous voyons les chevaux et les locomotives employés concurremment sur les chemins de Roanne et de Lyon.

Peut-être faut-il conclure de ces exemples que le choix du moyen de transport tient aux localités, et qu'en général aucun des deux moteurs n'a un avantage bien marqué sur l'autre.

Considérée sous ce point de vue, la question change de face; ce n'est plus le moteur qui doit commander le tracé, c'est le tracé qui, selon qu'il est plus ou moins avantageux avec tel ou tel moteur, doit décider le choix de ce dernier.

Forcé d'établir une base pour le plus grand nombre de cas, et considérant qu'aujourd'hui en France, 1° les besoins du commerce n'exigent pas une vitesse de plus de deux ou trois lieues à l'heure pour le transport des marchandises; 2° que la houille est chère dans beaucoup de départemens; 3° que les ouvriers capables de conduire et de réparer les machines à vapeur sont très-rares, nous serons porté à conclure que le cheval sera généralement préféré aux locomotives, et que les projets de chemins de fer pour les marchandises doivent être conçus en conséquence.

Ceci admis, s'il y a transport dans les deux sens, le tracé sera d'autant plus avantageux qu'il s'approchera d'être horizontal, puisqu'alors le tirage des chevaux sera le moindre possible, et l'effet utile le plus grand.

Les railways, comme nous l'avons dit, partant en général d'une mine ou d'une carrière, et arrivant à un lieu d'embarquement, il y a très-souvent prédominance du commerce descendant. On pourrait donc, s'il n'y avait aucune marchandise montante, régler la pente de manière que le tirage fût le même dans les deux sens, c'est-à-dire la faire de $^1/_{320}$ (en supposant le frottement total de $^1/_{180}$ et les waggons chargés trois à quatre fois plus pesans que les waggons vides.)

Cette inclinaison est très-faible, et trouverait peu d'application; on peut lui substituer celle sur laquelle les waggons descendent seuls avec une vitesse modérée, laquelle, d'après nos hypothèses, est un peu plus forte que $^1/_{180}$; dans ce cas, on n'emploierait les chevaux qu'à la remonte des waggons vides, et on les transporterait eux-mêmes en descendant, comme au chemin de Darlington; ce qui paraît un procédé très-avantageux.

Cette pente, qui ne serait qu'un long plan incliné, a des inconvéniens quand le terrain est tourmenté et lorsqu'il n'y a qu'une voie. Les waggons qui doivent se croiser, ne se voyant pas d'assez loin, à cause des mouvemens du terrain, n'ont pas toujours le temps de s'éviter.

Dans l'hypothèse dont nous parlons, il conviendrait d'adopter des pentes d'autant plus douces qu'elles seraient plus longues, afin d'éviter une trop grande accumulation de vitesse, et de n'être pas obligé de faire agir les freins trop fortement.

Au chemin de Saint-Etienne à Rives-de-Gier, sur une pente de $^1/_{76}$, les diligences descendent avec une vitesse réduite de 5m·50 en faisant un usage presque continuel du frein; elles acquièrent très-promptement une vitesse de 8m·00, que l'on ne dépasse guère. De Rives-de-Gier à Givors, sur une pente de $^1/_{166}$, la vitesse moyenne est de 4m·00, et la vitesse maximum de 6m·00. Il faut observer que de Saint-Etienne à Givors le chemin n'est souvent qu'une suite de sinuosités qui forcent à modérer la vitesse à tout moment pour s'opposer à un accroissement dangereux de la force centrifuge. La pente de $^1/_{166}$ est donc bien suffisante pour le cas où les chevaux seraient voiturés en descendant. Toutefois, dans la partie du chemin de Darlington où ce système est adopté, il y a une pente de $^1/_{128}$ qui a plus de 2000m de longueur.

Pour plusieurs chemins de fer, desservant des mines en Angleterre, on a suivi les principales inflexions du terrain, quand il descendait toujours jusqu'au point d'arrivée; on s'est contenté, par de faibles déblais ou remblais, d'avoir une suite de pentes uniformes qui, sur des longueurs de quelques cents mètres, ne dépassent pas $^1/_{96}$, et sur lesquelles un cheval développe jusqu'à 140 k. de tirage en remontant les waggons vides.

Des pentes plus fortes parcourues par les waggons chargés et les chevaux attelés, seraient aussi dangereuses à descendre que fatigantes à remonter à vide. On en a vu des exemples au chemin d'Andrezieux, où des chevaux ont été blessés sur une pente de $^1/_{60}$. Le danger est d'autant plus grand que le chemin est bien entretenu, et les

waggons bien roulans ; ce qui est à désirer pour monter les pentes, est à craindre pour les descendre.

Jusqu'à présent on a été porté à croire qu'un effort toujours égal fatigue moins le cheval, et qu'en conséquence l'effet utile serait plus grand, si l'on n'admettait qu'une seule pente dans le tracé d'un chemin de fer. Cependant si nous considérons qu'au chemin de Darlington on a obtenu un surcroît d'effet, en coupant le temps du travail par des intervalles de repos complet, que sur le chemin de Lyon on a des exemples d'un tirage double qui ne se paie que le tiers en sus, et qu'enfin beaucoup de railways ont des pentes qui varient à chaque centaine de mètres, nous penserons que si l'uniformité des pentes est désirable pour les manœuvres et la conduite du roulage, ses avantages ne sont pas démontrés quant à la fatigue des chevaux.

On peut encore, toujours dans le cas du commerce descendant prédominant, avoir plusieurs lignes de niveau à divers étages, réunies par des plans inclinés où les waggons vides ou peu chargés remonteront par le système self-acting.

S'il faut passer d'un versant dans un autre, on cherchera le minimum du faîte, et on examinera s'il est possible d'y parvenir par un seul niveau, ou en s'élevant par une faible rampe. Si dans ces deux cas on arrive beaucoup au-dessous du sommet, et qu'une tranchée ou un souterrain soit trop dispendieux, il vaudra mieux arriver au bas du seuil par la pente d'égal tirage dans les deux sens ($^1/_{320}$) et franchir le faîte par deux plans inclinés opposés. Cette disposition est facile quand le seuil a peu d'étendue. S'il a plusieurs centaines de mètres, on examinera si on peut ramener la position des plans au cas précédent, en allongeant les deux pentes à partir du bas, et en arrivant à deux points rapprochés du sommet, où on établirait une machine à vapeur dans le système de celle de Brusselton.

L'obstacle le plus ordinaire à cette disposition est la faiblesse des pentes et la grande longueur des plans inclinés, d'où résulte l'impossibilité de faire descendre la corde par le nombre ordinaire des waggons vides, composant un train.

Si le sommet du seuil a une grande étendue, on placera une machine à vapeur fixe du côté où les waggons chargés doivent monter, et un plan incliné dans le système self-acting à l'autre versant.

Du pied de ce plan incliné, on conduira le chemin d'une seule pente, ou de niveau jusqu'au lieu d'arrivage des waggons, ou enfin, par plusieurs étages, et autant de plans inclinés self-acting. Dans l'établissement de ceux-ci, on aura soin de leur donner une pente assez forte pour que la vitesse et le temps de la manœuvre satisfassent au mouvement commercial présumé.

Si le tonnage des marchandises est égal dans les deux sens, il paraît nécessaire que le chemin soit composé de parties de niveau, ou presque de niveau à différens étages, et réunies par des plans inclinés. Les hauteurs des étages, et les positions des plans inclinés sont évidemment commandées par le relief du terrain, et la facilité de développer les parties de niveau. Elles dépendent des localités; ce n'est point au premier aspect qu'on peut juger la question, elle demande une étude approfondie du terrain, et des essais dans différentes directions.

On voit par ce qui précède, que le tracé d'un chemin de fer pour marchandises, et fréquenté par les chevaux, a beaucoup d'analogie avec celui d'un canal où les écluses seraient remplacées par des plans inclinés; c'est à l'ingénieur à chercher les emplacemens où les ouvrages exigeront le moins de dépenses d'établissement, et en même temps satisferont aux besoins du commerce.

Chemins de grande vitesse.

Supposons maintenant qu'il s'agisse de tracer un chemin de fer de grande vitesse, et où, par conséquent, on n'emploie pour moteur que les machines locomotives.

On entend aujourd'hui par chemin de grande vitesse, celui qui peut être parcouru par des voitures faisant de six à neuf lieues à l'heure. Il n'existe encore qu'un seul chemin de cette espèce, celui de Liverpool à Manchester; c'est donc uniquement de cet exemple qu'on peut tirer quelques données d'expérience.

Pour que les diligences parcourent six à neuf lieues à l'heure, ou qu'elles aient une vitesse moyenne de 7 à 10m, il faut, à cause des ralentissemens, ou des momens d'arrêt indispensables, que la vitesse s'élève quelquefois jusqu'à 14 et 15m.

Les plus grandes vitesses que j'ai observées sur le chemin de Liverpool en divers voyages, ont été :

Vitesse.	Espace parcouru avec cette vitesse.
10m.30	19000m.
13m.30	5600.
16m.70	4000.
17m.70	400.
20m.00	400.

Ces deux dernières vitesses ont eu lieu à la descente libre sur le milieu du plan de Rainhill.

Les circonstances du mouvement étant mieux appréciées avec un dessin, j'ai représenté, *fig.* 97, le profil général du chemin de Liverpool divisé en milles et quarts de mille anglais indiqués par des chiffres au-dessus et des lignes verticales. Les chiffres au-dessous désignent en mètres les vitesses avec lesquelles ont été parcourues les parties correspondantes du chemin. Des flèches indiquent le sens des voyages. Les vitesses de la ligne supérieure ont été observées par MM. les ingénieurs des ponts et chaussées chargés de visiter les railways d'Angleterre; les trois autres lignes de vitesse sont les résultats d'observations que j'ai faites conjointement avec M. Zeiller, aspirant.

La *figure* 104 représente la partie comprise entre le mille n° 16 et n° 20 $^{3}/_{4}$, où on a écrit les pentes particulières de chaque quart de mille, lesquelles, soit effet du tassement, soit défaut d'exécution, diffèrent beaucoup de la pente générale ($^{1}/_{239}$) dont elles font partie. Ces détails ont été tirés d'un profil du chemin copié dans les bureaux de la compagnie du railway, et que M. Navier a bien voulu prêter.

L'inspection de ces profils apprend qu'à la rencontre de deux pentes opposées, les vitesses reçoivent quelquefois des altérations contraires à celles qu'on devrait attendre de l'influence des pentes. Ces anomalies apparentes viennent de ce qu'on modère les vitesses en descendant, tandis qu'on cherche à les augmenter en montant.

On dit qu'une machine locomotive *seule* a parcouru en 15 minutes une distance de 24,000m., ce qui correspond à 27m. de vitesse, ou 24 lieues à l'heure; sur quoi il faut observer que, sur le railway de Liverpool, cette distance comprend nécessairement une montée et une descente, ce qui indique que la vitesse de 27 mètres est moyenne et à peu près la plus grande possible sur une ligne de niveau (1).

Le tracé des chemins de grande vitesse n'est pas susceptible d'autant de combinaisons que celui des chemins où l'on n'emploie que les chevaux, parce que les pentes et les courbes doivent être beaucoup plus douces.

Un point important paraît devoir être décidé avant tout, l'admission ou l'exclusion des plans inclinés. En général, ils demandent beaucoup de temps pour être montés, et par là semblent contraires au but que l'on se propose; de plus, ils peuvent offrir de grands dangers selon la pente et la longueur. Mais on conçoit que dans certaines localités ils sont inévitables, et que dans d'autres ils peuvent simplifier le tracé, diminuer les pentes, raccourcir les distances, et par là compenser avec avantage le temps employé à les monter.

Dans le cas où les plans inclinés seraient admis, examinons les moyens qu'on a de les franchir.

Le premier est l'emploi d'une machine à vapeur fixe établie au sommet du plan. A ce sujet, nous ferons observer qu'après les discussions des ingénieurs anglais sur le choix des machines fixes ou locomotives pour parcourir le chemin de Liverpool, la préférence fut accordée aux locomotives, et qu'elles sont employées actuellement à remonter les plans de Sutton et Rainhill inclinés à $^{1}/_{89}$ et $^{1}/_{96}$. Cependant aujourd'hui on fait pénétrer dans l'intérieur de Liverpool, pour l'usage des voyageurs, un tunnel de 1,900m. incliné de $^{1}/_{90}$, et on est décidé à y employer une machine fixe comme au grand tunnel où passent les marchandises. On peut donc inférer de là que la compagnie reconnaît qu'au commencement d'une ligne de grande vitesse, un plan incliné doit être parcouru au moyen d'une machine fixe de préférence aux locomotives. Peut-être aussi a-t-elle craint pour les voyageurs l'action des gaz, de la combustion et de la vapeur, qui pourraient envelopper les diligences pendant le trajet du souterrain; ainsi qu'on le voit pour le bateau *Toueur* dans le tunnel du canal Régent.

On peut aussi remonter les plans inclinés qui ont $^{1}/_{90}$ de pente ou moins, par l'addition d'une machine de renfort placée à l'ar-

(1) Au moment où l'on achevait d'autographier ces leçons, a paru l'ouvrage de M. Poussin, qui rapporte une expérience faite aux États-Unis d'Amérique, où une locomotive a pu remorquer un convoi avec une vitesse de 26m,9 pendant 13 minutes.

rière du train ; elle en pousse la moitié, tandis que la machine ordinaire tire l'autre moitié. Pourque la machine d'arrière accoste le train sans accident, il faut ralentir la marche et prendre quelques précautions qui font perdre du temps.

Enfin, on peut franchir un plan incliné sans trop de lenteur, s'il est possible d'y arriver avec une grande vitesse. En profitant de l'impulsion acquise, les trains peuvent s'élever jusqu'à une certaine hauteur, sans que le mouvement soit retardé au-dessous de la vitesse moyenne qu'on s'est proposée. Dans ce but, il est avantageux de faire précéder la montée d'une descente, ainsi que cela a lieu au chemin de Liverpool pour le plan de Rainhill.

D'après M. Booth, une locomotive tirant un train léger, et arrivant au pied de ce plan avec une vitesse de 8m, atteint le sommet avec une vitesse de 1m.60.

D'après les vitesses de la ligne supérieure de la *fig.* 97, le plan de Sutton est monté par les diligences avec une vitesse décroissante, qui se réduit au milieu du plan aux 4/10 de celle qui a lieu au pied; ainsi en diminuant de moitié la longueur de ces plans, en supposant une vitesse initiale de 10m, la vitesse au sommet serait de 4 mètres.

Il paraît donc possible de former un chemin de fer de grande vitesse de parties horizontales, ou d'une pente de 1/1000, réunies par des plans inclinés de 1/92, de 1200 mètres de longueur, et 13m. de hauteur; ils devraient être éloignés les uns des autres de 2000m. au moins, afin que les locomotives, après avoir employé leur grande vitesse à monter un plan, pussent acquérir celle qui servirait à franchir le plan suivant. Ce système permet de tracer un railway de 15m. de pente sur 3200m, c'est-à-dire 1/213, et dont les diligences ascendantes feraient près de sept lieues à l'heure.

Les stations d'un tel chemin ne pourraient être placées qu'au sommet des plans inclinés, les pieds de ceux-ci devraient toujours être contigus à des lignes droites.

Les plans inclinés admis ou rejetés, il reste à tracer les lignes intermédiaires ou la seule et principale ligne. Pour cela, il faut arrêter deux bases indispensables, l'une relative aux pentes, l'autre aux changemens d'alignemens.

Ce n'est qu'avec peu de vitesse que les machines locomotives peuvent remonter des pentes de 1/99, qui à leur égard prennent le nom de plan incliné, et qui doivent être proscrites des lignes ordinaires. Voici les plus grandes pentes adoptées par les ingénieurs anglais pour les chemins qui doivent être fréquentés principalement par les locomotives de grande vitesse.

Leeds et Selby.	1/135	projet exécuté,
Dublin et Kingstown	1/168	en construction,
Carlisle et Newcastle	1/200	projet en partie exécuté,
Londres et Brighton.	1/200	projet,
Liverpool et Birmingham. . . .	1/290	en construction,
Londres et Birmingham	1/330	en construction,
Londres et Bristol	1/380	projet.

Les locomotives du chemin de Liverpool avec charge ordinaire, peuvent remonter sur une pente de

zéro, avec une vitesse de		20 mètres.
1/1080. . . .	*Idem.* . . .	13
1/449. . . .	*Idem.* . . .	11
1/500. . . .	*Idem.* . . .	9
1/96	*Idem.* . . .	1m.60

On peut donc admettre qu'elles marcheraient avec 6m.00 de vitesse sur une pente de 1/300, *fig.* 105, et c'est la pente maximum qu'on pourrait adopter jusqu'à plus amples renseignemens.

Lorsque deux pentes en sens contraires seront adjacentes par la partie inférieure, il conviendra de les raccorder par des pentes intermédiaires plus douces, ce qu'on a fait au chemin de Liverpool, pour deux pentes opposées de 1/1056 et 1/96; *fig.* 106.

Relativement aux changemens de directions, nous avons à fixer le minimum du rayon des courbes, et c'est ici le lieu de traiter généralement cette question dont nous n'avons encore rien dit, nous réservant d'en parler à l'occasion des chemins de grande vitesse, où elle a le plus d'importance.

Lorsque les deux lignes de rails équidistantes forment des courbes, que nous supposerons des arcs de cercle, il en résulte quelques difficultés dans le roulage.

Si deux roues égales et fixées à un essieu roulent sur un plan, elles décrivent deux droites parallèles; pour que ces droites deviennent deux arcs de cercle tels que ceux des rails, il faut, ou que l'une des roues soit plus grande que l'autre, ou qu'elle tourne plus vite : ces deux conditions n'existant pas dans le roulage des waggons, il faut nécessairement que les deux roues ou une seule, outre l'application sur les rails, glissent et frottent de temps en temps, à peu près comme elles le feraient si elles étaient enrayées. Ce frottement, très-préjudiciable aux rails et aux roues qu'il use extraordinairement, ne l'est pas moins au moteur, qui doit fournir un excédant de force pour le vaincre.

Un moyen a été proposé pour remédier à cet inconvénient; il consiste à couper l'essieu au milieu, et à ajouter deux coussinets de plus; alors chaque roue tournant avec un demi-essieu, a un mouvement indépendant de l'autre.

Un autre moyen consiste à placer intérieurement aux rails de grand rayon une partie plane, qui s'élève par une faible pente au niveau du dessus du rail; le rebord monte sur ce petit plan, et la roue tourne sur le rebord, au lieu de porter sur la jante : elle se trouve dans le cas d'une roue d'un plus grand diamètre, et décrit un arc de cercle dont le rayon est égal à

$$\text{voie} + \frac{\text{rayon des roues} \times \text{voie}}{\text{rebord}}:$$

donc en donnant ce rapport à la courbe des rails extérieurs, la rotation des roues sera exempte de l'inconvénient qu'on veut éviter : mais il résulte des dimensions ordinaires de la voie et des roues que ce rayon est très-petit (environ 26m.00), ce qui augmente beaucoup la force centrifuge. Aussi ce procédé ne réussit que pour les chemins de très-petites vitesses, où les waggons ont peu de tendance à sortir de la voie.

De plus il faut remarquer que le rebord, étant au-dessus du rail, ne peut plus remplir son office ordinaire, qui est de retenir la roue dans la voie; et pour empêcher les chariots d'en sortir, on est obligé d'établir une pièce quelconque parallèle au rail faisant saillie, et qui maintient la roue en repoussant la jante.

Si les deux procédés dont nous venons de parler mettent les vitesses des roues en rapport avec les longueurs qu'elles doivent parcourir, ils ne remédient point à l'effet de la force centrifuge qui pousse les roues contre le rail de grand rayon, ou pour mieux dire, l'un ne s'y oppose qu'imparfaitement, et l'autre aucunement.

Pour détruire cet inconvénient, on élève le rail de grand rayon plus que l'autre d'une hauteur telle que la composante de la gravité, ou du poids des waggons dans le sens de l'inclinaison des essieux, soit égale à la force centrifuge, d'où il suit que celle-ci est équilibrée par la tendance qu'a le waggon incliné à tomber sur le rail de petit rayon : mais cette disposition a le grand défaut de ne convenir qu'à une seule vitesse. Pour une vitesse plus faible, le frottement latéral a lieu sur le rail de petit rayon; pour une vitesse plus grande la force centrifuge prédomine, et le rebord des roues touche le rail de grand rayon. Or il y a toujours deux vitesses pour une pente qui doit être parcourue dans les deux sens par le même moteur, puisqu'il ne peut monter aussi vite qu'il descend; d'où il suit que le moyen est inefficace quand on l'applique aux courbes en pente, à moins qu'on ne se résigne à descendre aussi lentement qu'on monte.

L'effet de la force centrifuge est très-dangereux, il ne se borne pas au frottement du rebord qui dégrade les roues et les rails; si la vitesse est très-grande ou le rayon de courbure très-petit, les rebords peuvent monter sur les rails de grand rayon, et rien ne s'opposant à la force centrifuge, les waggons sortent de la voie et même sont quelquefois renversés.

La force centrifuge tend aussi à faire plier les rails transversalement en les poussant dans un sens où ils offrent moins de résistance.

Les plus petits rayons adoptés dans les courbes des chemins de fer exécutés, sont :

Sunderland	100m.
Darlington	500
Liverpool et Manchester	1,327
Runcorn-Gap	230
Warrington	2,000
St-Étienne à Andrezieux	30
Lyon	500
Roanne	200
Epinal	350

Et dans les chemins de fer en construction ou en projet :

Leeds et Selby	1,000m.
Newcastle à Carlisle	411
Dublin à Kingstown	380

Liverpool à Birmingham	4,600
Londres à Birmingham	800
Londres à Bristol	1,218
Londres à Brighton	3,220

Nous finirons ce que nous avons à dire sur les chemins de grande vitesse, en faisant observer que lorsqu'ils rencontrent d'autres railways ou même des routes ordinaires, il faut les faire passer les uns au-dessus des autres, afin que les véhicules qui leur sont propres puissent se croiser au même moment sans danger. Cette précaution négligée au chemin de Liverpool à l'égard de quelques routes, et à tort selon nous, paraît avoir été reconnue indispensable pour les railways fréquentés par les machines locomotives, ainsi que le prouve un article du bill de concession du chemin de Sainte-Hélène-Runcorn, qui prescrit d'établir les rails *dans un tunnel ou sur un pont* à la rencontre du chemin de Liverpool.

PRIX APPROXIMATIFS DE QUELQUES CHEMINS DE FER.

Chemins de service.

	Le mètre courant.
De Roanne, en fer, une voie	f. 5,00.
Du pont-canal de Digoin, une voie.	7,00.
Du Soccoa (sur chevalets qui ont jusqu'à 7m de haut), une voie.	58,00.

Chemins ordinaires.

	Le mètre courant.
Andrezieux, en fonte, une voie	f. 80,00.
Roanne, en fer, une voie	100,00.
Lyon, en fer, une voie	225,00.
Epinac, d'Epinac à Ivry, en fer, une voie	57,00.
Denain, en fer, une voie	22,00.
Darlington et Stockton, fonte et fer, une voie	82,00.
Liverpool et Manchester, en fer, deux voies	410,00.
Sainte-Hélène-Runcorn, en fer, une voie	155,00.
Boston et Leigh, en fer, une voie.	172,00.
Leeds et Selby, en fer, deux voies.	257,00.
Cantorbéry et Whitstable, en fer, une voie	138,00.
Londres à Birmingham, en fer, deux voies, estimé	345,00.

FIN.

